



## Sähkökunnossapitosuunnitelma Kittilän kaivokseen

Nils Juhan Juuso

Tekniikan koulutusalan opinnäytetyö

Sähkövoimatekniikka

Insinööri AMK

KEMI 2013

## ALKUSANAT

Ensimmäiseksi haluaisin kiittää yritystä johon opinnäytetyön tein eli kaivos yhtiö Agnico-Eagle. Agnico-Eagle oli erittäin mielenkiintoinen ja kiinnostava yritys, jossa oli mukava olla mukana. Yrityksestä jäi erittäin hyvä kuva ja yritys oli erittäin hyvin hoidettu, kiitos siitä. Haluaisin myös kiittää koulun ohjaajaa Jaakko Ettoa ja kaivoksella toiminutta ohjaajaa Jouko Mattilaa ja kunnossapito päällikköä Kari Siirtolaa. Kiitokset myös muille kaivoksen työntekijöille, jotka ovat vaikuttaneet opinnäytetyöhöni.

## TIIVISTELMÄ

## KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU, Tekniikka

Koulutusohjelma:	Sähkötekniikka
Opinnäytetyön tekijä:	Nils Juhan Juuso
Opinnäytetyön nimi:	Sähkökunnossapitosuunnitelma Kittilän kaivokseen
Sivuja (joista liitesivuja):	69 (7)
Päiväys:	7.5.2013
Opinnäytetyön ohjaaja:	DI Jaakko Etto
<p>Opinnäytetyö tehtiin Kittilän kultakaivokselle. Työn tavoitteena oli tehdä kaivokselle uusi sähkökunnossapitosuunnitelma. Sähkökunnossapitosuunnitelman laadinnassa piti ottaa huomioon sähkölaki ja sähköturvallisuusmääräysten antamat määräykset. Opinnäytetyö rajattiin niin, että työ aloitettiin sähköaseman kantaverkosta ja siitä edettiin syöttösuunnan mukaisesti. Tarkoituksena oli, että työn valmistuttua kaivoksen työntekijöillä olisi toimiva ja helppolukuinen kunnossapitosuunnitelma kyseisille laitteille.</p> <p>Opinnäytetyössä perehdyttiin Kittilän kaivoksen toimintaan ja kaivoksen sähköistykseen. Kunnossapidon toimintatavat ja strategiat kuvattiin ja niiden pohjalta suunniteltiin sähkökunnossapidon toteutusta. Aluksi mietittiin kaivoksen sähköinsinöörien kanssa työn sopivaa laajuutta. Kaivoksen laajuuden huomioiminen oli erittäin tärkeää rajauksen yhteydessä. Lopulta työ rajattiin koskemaan suurimpia laitteita ja niihin tehtiin yleinen kunnossapitosuunnitelma. Laajuuden selvityksessä käytiin tutustumiskierroksella kaivoksella, missä tutustuttiin suunnitelman tuleviin laitteisiin.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi paranneltu ja täydennetty sähkökunnossapitosuunnitelma. Sitä voidaan hyödyntää helpottamaan kunnossapitoa ja huoltoja jatkossa. Opinnäytetyön jälkeen tiedot tullaan syöttämään JDE-ohjelmistoon, mutta tämä osuus ei sisälly opinnäytetyöhön.</p>	
Asiasanat: sähkö, kunnossapito, sähkölaitteet, sähkölaki, sähkösuunnittelu.	

## ABSTRACT

KEMI-TORNIO UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, Tehcnology

Degree programme:	Electrical engineering
Author:	Nils Juhan Juuso
Thesis title:	Electrical Maintenance Plan for Kittilä Mine
Pages:	69(7)
Date:	May 13, 2013
Thesis instructor:	Jaakko Etto, MSc (Tech)
<p>The project was done for the Kittilä gold mine. The goal was to make a new plan in electrical maintenance for the mine. While making the electrical maintenance plan had to take into account the electrical law and the compulsion of the electrical safety. The project was limited so that the work started in the substation from the grid, and continued within the feed direction. The intention, when the project was completed, was that the mine workers would be able to use a functional and easy-to-read maintenance plan for those units.</p> <p>The project deals with Kittilä mine's operations and electrification in the mine. Maintenance practices and strategies were filmed, and the electrical maintenance execution plan, was based on it. At first we thought with the mine electrical engineers how wide the work would be. Observing the extent of the mine was very important while defining the work. Finally, the work was limited to the largest equipment and for them a general maintenance plan. When the scope was definite, went on a in the mine, where had a chance to explore the units which would be in the plan.</p> <p>The project resulted in an improved and expanded electrical maintenance plan. It can be take advantage to simplify maintenance and servicing in the future. After the project, the information will be fed to the JDE-software, but this part is no included in the project.</p>	
Keywords: electrical, maintenance, electrical equipment, electrical law, electrical design.	

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

GTK	Geologian tutkimuskeskus
SFS	Suomen standardoimiskeskus
PSK	Prosessiteollisuuden standardoimiskeskus
LVIS	lämpö, vesi, ilmanvaihto ja sähkö
RCM	Reliability Centered Maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito
TPM	Total Productive Maintenance, kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito
ODR	Operator driven reliability, käyttäjäkeskeinen kunnossapito
KTM	Kauppa- ja teollisuusministeriö
Tukes	Turvatekniikan keskus
STUL	Sähkö- ja teleurakoisimisliitto

## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET .....	4
1 JOHDANTO .....	7
2 KITTELÄN KULTAKAIVOS .....	8
2.1 Historia ja sijainti .....	8
2.2 Malmin louhinta avolouhoksesta .....	10
2.3 Malmin louhinta maanalaisessa kaivoksessa .....	11
2.4 Malmin rikastus.....	12
3 KUNNOSSAPIDON PERUSTEITA.....	14
3.1 Yleistä kunnossapidosta .....	14
3.2 Kunnossapidon yleiset määrittelyt .....	14
4. KUNNOSSAPITOLAJIT .....	17
4.1 Kunnossapidon jaottelu .....	17
4.2 Korjaava kunnossapito .....	19
4.3 Huolto.....	19
4.4 Ehkäisevä kunnossapito .....	20
4.5 Parantava kunnossapito.....	22
4.6 Kunnanvalvonta .....	22
4.7 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen .....	23
4.8 Sähkölaitteiden kunnossapito.....	23
5. VIKA JA VIKAAANTUMINEN .....	24
5.1 Vikojen luokittelu .....	24
5.2 Vian kehittyminen.....	24
5.3 Vikaantuminen ja aika .....	24
5.4 Vikaantumisen syyt.....	25
5.5 Menetelmät vikaantumista vastaan .....	26
6 KUNNOSSAPITOSTRATEGIA JA KUNNOSSAPITOMENETELMÄT .....	27
6.1 Strategiat .....	27
6.2 Strategia TPM .....	27
6.3 TPM - Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito .....	27
6.4 RCM - Luotettavuuskeskeinen kunnossapito .....	28
6.5 ODR - Käyttäjäkeskeinen kunnossapito .....	29

7 LAINSÄÄDÄNTÖ JA MÄÄRÄYKSET .....	31
8 SÄHKÖJÄRJESTELMÄN JA LAITTEISTON JAKO .....	33
8.1 Sähkö saattolämmitys .....	34
8.2 Lämpökuvaus .....	35
9 KITTELÄN KAIVOKSEN SÄHKÖVERKKO .....	36
10 SÄHKÖMOOTTORIN KUNNOSSAPITO JA HUOLTO .....	37
11 TAAJUUSMUUTTAJAN KUNNOSSAPITO JA HUOLTO .....	40
12 MUUNTAJAN KUNNOSSAPITO .....	43
12.1 Muuntajan kunnossapito .....	43
12.2 Kuivamuuntaja .....	44
12.3 Öljyeristeinen muuntaja .....	44
13 KESKUKSET .....	46
14 MUUT SÄHKÖLAITTEET JA JÄRJESTELMÄT .....	48
14.1 Turvakytkimet ja kompensointi .....	48
14.2 Loistehon kompensointilaitteet .....	49
14.2.1 Kompensointilaitteiden kunnossapito .....	49
14.3 Katkaisijamallit .....	50
14.3.1 Katkaisijan toiminta .....	50
14.4 Erotin yleisesti.....	51
14.4.1 Erottimien huolto ja kunnossapito .....	52
15 KAIVOKSELLA KÄYTÖSSÄ OLEVAT KOJEISTOT .....	53
15.1 Siemensin erotinkojeisto 8DJ20.....	53
15.2 Kojisto ABB Safeplus .....	53
15.3 Kojisto Siemens 8DJH .....	53
16. VARAVOIMAGENERAATTORI.....	54
16.1 Varavoimageneraattori.....	54
16.2 Varavoimageneraattorin koekäyttö .....	54
16.3 Määräaikaisten tarkistukset ja huolto.....	54
17 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	56
17.1 Työn aloitussuunnitelma .....	56
17.2 Työn kohteiden määrittely .....	56
17.3 Kunnossapitotaulukon teko.....	57
17.4 Pohdinta .....	58
LÄHTEET.....	59
LIITTEET .....	61

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on suunnitella Kittilän kultakaivokselle uusi sähkökunnossapitosuunnitelma. Koska kaivoksen sähkölaitteiden määrä oli niin suuri, rajattiin työ käsittelemään vain ennalta määrättyjä kohteita. Työ aloitetaan sähköaseman kantaverkosta, josta edetään syöttösuunnan mukaisesti seuraavaksi muuntajiin, keskuksiin ja muihin alalaitteisiin. Aluksi sovittiin, että jokaisesta samanlaisesta laitteesta ei tarvitse tehdä omaa kunnossapitosuunnitelmaa vaan samantyyppisten ja mallisten kohdalla riittää yleinen suunnitelma.

Aihe opinnäytetyöhön tuli yritykseltä. Vaihtoehtoisia aiheita annettiin myös, mutta tämä kuulosti muita mielenkiintoisemmalta. Kaivoksella on käytössä koko ajan kunnossapito-ohjelma, mutta tarkoituksena oli tehdä vanhasta selkeämpi ja myös parantaa sen toimivuutta. Tavoitteena olisi siis saada kevään aikana toimivampi ja helpompi kunnossapitojärjestelmä kaivokselle.

Sähkökunnossapitosuunnitelman tekeminen aloitetaan kirjoittamalla yleistä teoriaa kunnossapidosta. Seuraavaksi suunnitelmassa siirrytään kirjoittamaan käyttölaitteiden teoriaa sekä kunnossapito- ja huolto-ohjeet. Teoriaosuuden jälkeen siirrytään varsinaisen sähkösuunnitelman tekemiseen. Jokaisesta eri laitteesta ja käyttökohteesta tehdään oma suunnitelma. Samantyyppisten laitteiden kohdalla suunnitelma kuitenkin rajataan yleiselle tasolle. Kaikki ennakko- ja kunnossapitohuollot, jotka kunnossapitosuunnitelmassa on, tehdään sähköturvallisuuden ja määräysten mukaisesti.

Kunnossapitosuunnitelma olisi tarkoitus siirtää JDE-ohjelmistoon, jossa se olisi kaivoksen työntekijöiden käytössä. Tämä päätetään vasta työn valmistumisen jälkeen, kun arvioidaan onko uusittu suunnitelma aikaisempaa parempi. Kaikkea tässä tulevassa työssä ei tarvitse alkaa tehdä alusta, sillä dokumentaatiota oli paljon ja lisäksi kaivoksella on kunnossapitosuunnitelmapohjia ja valmiina olevia suunnitelmia.



## 2 KITILÄN KULTAKAIVOS

### 2.1 Historia ja sijainti

Ensimmäiset viitteet alueen kultapotentiaalista saatiin vuonna 1986 kun tietyömaan leikkauksesta löydettiin kultaa sisältävä kvartsi-karbonaattijuoni. GTK:n toimesta vuonna 1986 aloitettiin laajemmat tutkimukset alueella. Aluetta tutkittiin ja geologi Ilkka Härkönen suoritti vielä myöhemmin tutkimuksia jotka johtivat suuren kulta esiintymän löytämiseen. GTK tutki aluetta vuosien 1986 ja 1991 välillä. vuodesta 1991 vuoteen 1998 kaivoshanke eli hiljaista aikaa eikä edistystä tapahtunut. Vuonna 1998 kaivos asetettiin kansainväliseen tarjouskilpailuun jolloin Ruotsalainen kaivosyhtiö Riddarhyttan Resources sai huutokaupassa valtaoikeudet itselleen haltuun. Vuonna 2002 suuri kuusikko sai ympäristöluvan ja seuraavana vuonna kaivoskirja ja kaivospiiri luvan. (Haga 2011. Hakupäivä 8.2.2013)

Vuonna 2004 Riddarhyttan Resources möi osan osakepääomasta Kanadalaiselle Agnico-Eaglelle. Loput osakepääomat Agnico-Eagle osti Riddarhyttan Resourcesilta Marraskuussa 2005. Seuraavana kesänä Kittilän kultakaivoksen rakennustyöt käynnistettiin. Malminlouhinta alkoi toukokuussa 2008 ja saman vuoden syyskuussa käynnistettiin rikastetuotanto. Vuoden 2009 aikana valettiin ensimmäiset kultaharkot ja vuosituotanto Kittilän kultakaivoksella oli aluksi noin 5000 kiloa puhdasta kultaa. (Haga 2011. Hakupäivä 8.2.2013; Pöyry 2010. Hakupäivä 9.2.2013 )

Kittilän kultakaivos aloitti toiminnan avolouhoksella vuonna 2008. Seuraavina vuosina kaivos toiminta siirtyi myös maanalaiseen louhimiseen. Vuoden 2012 loppuun mennessä avolouhokset on käytetty loppuun. Vuoden 2013 alussa kaivos siirtyi kokonaan maanalaiseen louhimiseen. Pieniä avolouhoksia on ja isompia voi vielä tulevaisuudessa esiintyä alueella. Kuvassa 1 näkyy Kittilän kaivoksen alue. (Agnico-Eagle mining 2012. Hakupäivä 8.2.2013 )



Kuva 1. Kittilän kaivos (Agnico-Eagle mining, hakupäivä 8.2.2013)

Kittilän suurikuusikon kultakaivos sijaitsee lapissa Pohjois-Suomessa, noin 900 kilometriä Helsingistä pohjoiseen ja noin 150 kilometriä pohjoiseen napapiiristä. Kaivos sijaitsee noin 50 kilometrin päässä Kittilän keskustasta koilliseen lähellä Kiistalan kylää. Kaivokselle pääsee kolmea eri ajotietä käyttäen, Inarista, Kittilästä ja Sirkas-  
ta/Leivistä. Kaivoksessa työskentelee noin 400 Agnico-Eaglen työntekijää ja noin 170 urakoitsijaa. (Agnico-Eagle mining 2012. Hakupäivä 8.2.2013)

Kittilän kaivoksen omistaa Kanadalainen Agnico-Eagle mining, jolla on toimintaa myös kotimaassaan Kanadassa, Yhdysvalloissa ja Meksikossa. Yrityksen kullen vuosi tuotanto ylitti viime vuonna ensimmäisen kerran miljoona unssia. (Agnico-Eagle mining 2012. Hakupäivä 27.2.2013)

## 2.2 Malmin louhinta avolouhoksesta

Kittilän suurikuusikon kultakaivoksella louhitaan kultamalmia sekä avolouhoksesta, että maanalaisesta kaivoksesta. Kultamalmin louhinta alkoi aluksi avolouhoksesta vuonna 2008 ja maanalaisesta kaivoksesta vuonna 2009. Avolouhosten tuotanto loppui vuoden 2012 lopussa ja vuoden 2013 alussa siirryttiin louhimaan malmia vain maanalaisesta kaivoksesta. Kultakaivoksella malmia louhittiin kolmesta avolouhoksesta: Suurikuusikosta, Routavaarasta ja Etelän Louhoksesta. Avolouhintaa oli kaivoksella viitenä päivänä viikossa, ympäri vuorokautta vuosina 2008–2012. Avolouhoksessa käytettiin taulukon 1 mukaisia kalustoja. Kuvassa 2 näkyy Kittilän avolouhos. (Pöyry 2010. Hakupäivä 9.2.2013)

**Taulukko 1. Avolouhinnassa käytettävä kalusto.** (Pöyry 2010. Hakupäivä 9.2.2013)

Laite/kone	Lukumäärä
Kaivinkone	4
Puskutraktori	3
Kiviauto	7
Poraus kone	5
Pyöräkuormaaja	2
Tiehöylä, dumpperi, säiliö ja kasteluauto	Kutakin 1 kappaletta

Avolouhosten mitat olivat loppuvaiheessa seuraavat:

- Suurikuusikko: Pituus 860m, leveys 360m, syvyys 160m ja pinta-ala 20ha.
- Routavaara: Pituus 400m, leveys 160m, syvyys 80m ja pinta-ala 5ha.
- Etelä: Pituus 190m, leveys 100m, syvyys 55m ja pinta-ala 1,5ha.

(Pöyry 2010. Hakupäivä 9.2.2013)



Kuva 2. Kittilän Avolouhos (Lentokuva Vallas O. Hakupäivä 10.2.2013)

### 2.3 Malmin louhinta maanalaisessa kaivoksessa

Maanalainen kaivos sijaitsee Suurikuusikon ja Routavaaran avolouhosten alapuolella. Maanalaiseen kaivokseen kulku tapahtuu vinotunnelia pitkin. Vinotunneliin meno tapahtuu rikastamon pohjoispuolella. Vinotunnelin pituus on noin 4 kilometriä ja syvyys noin 600 metriä.

Maanalaisessa kaivoksessa Kittilässä käytetään välitasonlouhintaa, jossa malmi jaetaan eri tasoilla oleviin louhoksiin. Välitasolouhinta on Suomen yleisin louhintamenetelmä, sillä sen käyttökustannukset ovat alhaiset ja vuosikapasiteetti korkea. Louhinta etenee yleensä alhaalta ylöspäin, niin myös tässä kaivoksessa yksi louhos kerrallaan. Samalla tasolla olevien louhosten väliin jätetään pilarit, jotka voidaan louhia, kun tyhjät louhokset ensin täytetään. Maanalaisessa kaivoksessa käytetään taulukossa 2 olevia kalustoa.

**Taulukko 2. Maanalaisen kaivoksen kalusto.** (Pöry 2010. Hakupäivä 9.2.2013)

Laite/kone	Lukumäärä 3000 t/d ja 4500 t/d
Tunneliporaus kone	2 ja 3
Panostusajoneuvo	1 ja 2
Pulttauskone	3 ja 4
Tuotantoporaus kone	2
Raappausajoneuvo	1 ja 2
Betoniajoneuvo	1 ja 2

Tiehöylä ja tiealusta	1
Rekat malmin kuljetukseen	6 ja 9

## 2.4 Malmin rikastus

Kaivoksen rikastusprosessi etenee näin: Malmi murskataan, jauhetaan, vaahdotetaan, painehapetetaan ja hiiliuutetaan. Kittilän kaivoksella kultamalmi on sitoutunut sulfidien hilarakenteeseen ja vapaan metallisen kullan hyvin pieni esiintyminen malmissa vaatii rikasteen sulfidien hapettamista autoklaavissa ja kullan liuottamista syanidilla. (Pöyry 2010. Hakupäivä 9.2.2013)

Ensimmäinen varsinainen rikastusvaihe on murskaus. Louhittu malmi kuljetetaan aluksi murskausasemalle rikastamon pohjoispuolelle. Siellä malmi välivarastoidaan kasoihin ja syötetään murskalle pyöräkuormaajalla. Leukamurskaimella malmi murskataan kokoon alle 125 millimetriin. Murskattu malmi siirretään sieltä sitten välivarastosiiloon. Murskattu malmi siirretään jauhotukseen, jossa yksivaiheisesti semiautogeeni-jauhatusmylly pienentää malmin pienempään kokoon kun 75 mikronia. Pienennetty malmi siirretään seuraavaksi vaahdotukseen. (Pöyry 2010. Hakupäivä 9.2.2013)

Kittilän kultakaivoksessa vaahdotus malli on seuraavanlainen: Orgaaninen hiili erotetaan jauhetusta malmista vaahdottamalla malmi vaahdotuskennoissa. Hiilen erotus muusta parantaa lopputuotteen saantia. Vaahdotus tapahtuu siten, että ensimmäinen vaihe on esivaahdotus ja kertavaahdotus. Vaahdotuksen tuotteena saatu hiilirikaste ohjataan rikastehiekkapumpuille ja sieltä edelleen sakeuttimen kautta neutralointipiiriin. Hiilestä vapaa malmiliete pumpataan seuraavalle vaahdotuspiirille joka on sulfiittivaahdotus. Sulfidivaahdotus koostuu kahdesta eri vaahdotuksesta, esi- ja ripevaahdotuksesta. Esivaahdotuksesta saatu rikaste ohjataan rikastesakeuttimelle ja sieltä edelleen rikasteen esikäsittelyyn. Riperikaste pumpataan sen jälkeen takaisin sulfidivaahdotuksen alkuun ensimmäiseen esivaahdotuskennoon. Rikastushiekka joka sulfidivaahdotuksessa jää ohjataan rikastushiekkasakeuttimelle ja siitä edelleen neutralointipiiriin ja vaahdotusjätteen rikastushiekka-altaalle yhdessä hiilirikasteen kanssa. (Pöyry 2010. Hakupäivä 9.2.2013)

Rikastetut sulfidimineraalit hapetetaan sulfaatiksi autoklaavissa. Autoklaaviin syötetään happea, jonka seurauksena tapahtuu hapetusreaktio, jossa kulta ja muut metallit vapautuvat sulfideista rikastesakkaliuokseen. Autoklaavihapetuksesta irronnut hapan sakka pestään vastavirtaperiaatteella. Ensimmäisen pesun tavoitteena on saada puhdas neutraali sakka seuraavaan vaiheeseen. Sakasta pestään kaikki happo ja lienneet metallit pois. Siitä saatu pesuvesi johdetaan neutralointipiiriin, missä metallit saostetaan. Paine-hapetusta käyttäessä voidaan suuri osa saadusta happamasta liuoksesta kierrättää ja hyödyntää autoklaavia edeltävässä hapotusvaiheessa. (Pöyry 2010. Hakupäivä 9.2.2013)

Seuraavaksi rikastaminen etenee neutralointipiiriin, jossa sakan käsitellään pesupiiristä tuleva hapan vesi. Käsittelyssä vedessä olevat lienneet metallit sidotaan muihin aineisiin. Neutraloinnin tavoitteena on tehdä lietteestä Ph-arvoisesti sopivaa. Lopulta liete pumpataan loppusijoitusalueelle. Jäänyt kultapitoinen liuos ohjataan elektrolyysiin, siinä kulta pelkistyy ja muodostaa lopulta kultasakan anodille. Kultasakka kerätään siitä pois, suodatetaan ja kuivataan. Kuivatettu kultasakka sulatetaan lopulta induktiouunissa ja siitä valetaan kultaharkoiksi. Kaivoksen toiminta-aikana arvioidaan, että malmin sisältämästä kullasta saadaan talteen noin 83 %. (Pöyry 2010. Hakupäivä 9.2.2013)

### 3 KUNNOSSAPIDON PERUSTEITA

#### 3.1 Yleistä kunnossapidosta

Uskotaan, että kunnossapitotoimintaa on harjoitettu siitä lähtien kun ihminen on rakentanut ja käyttänyt koneita. Kunnossapidon varsinainen kehitys on kuitenkin tapahtunut vasta toisen maailmansodan jälkeen. Kunnossapito on käsitteenä erittäin laaja. Kunnossapito käsittää sekä kiinteistö kunnossapitoa että teollisuuslaitoksen prosessin kunnossapitoa. Kaivoksen toiminnan kannalta toimiva ja tehokas kunnossapito on erittäin tärkeä. Kunnossapitoon kohdistuu kuitenkin ristiriitaisia odotuksia, sillä prosessien toimintavarmuutta tulisi jatkuvasti parantaa, mutta kunnossapitoon käytettävä rahamäärä ei saisi kasvaa vaan mieluummin jopa pienentyä. (Järviö & Lehtiö 2012, 14, 17 ja 21; Saarenpää 2006. Hakupäivä 4.3.2013)

Kunnossapitoon liittyy oleellisesti myös käsite käynnissäpito. Yleisesti sähkö kunnossapidon tarkoituksena on tuottaa keskeytymätöntä sähköä prosessin eri laitteisiin ja suojata laitteistoa sähköiskulta ja palovaaralta. Nykyisin käsitettä kunnossapitoa ei pidetä enää pelkästään korjaavana toimenpiteenä, vaan myös vikojen ja vikaantumisen hallintaa ja etsimistä. Siinä missä ennen ajateltiin, että koneiden tehokas käyttäminen ja toiminnan luotettavuus on pelkästään kunnossapitajista riippuva, on huomattu myös, että koneiden käyttäjillä on merkitystä näihin. (Järviö & Lehtiö 2012, 14, 17 ja 21)

Sähkökunnossapitotyöt voidaan yleisesti jakaa kahteen osaan: Ensimmäisessä ovat niin sanotut työt jotka tehdään jännitteettömänä, lähityönä tai jännitetyönä. Toiseen kategoriaan kuuluvat kosketussuojatussa ympäristössä tehdyt niin sanotut turvalliset työt. Nämä työt ovat esimerkiksi lampun tai sulakkeen vaihto, jotka eivät vaadi kuin opastuksen vaihtoon.

#### 3.2 Kunnossapidon yleiset määrittelyt

Kunnossapito määritellään kirjallisuudessa monilla eri tavoilla. SFS-EN 13306:2010 määrittelee kunnossapidon ”*Kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnan.*” (Järviö & Lehtiö 2012, 17)

Taas SFS-EN 15341:2007 ei määrittele kunnossapitoa suoraan vaan siinä lukija joutuu itse päättämään, mitä kunnossapidolla tarkoitetaan. ”Kunnossapidon suorituskyky on tulos sellaisten resurssien aktiivisesta käytöstä, joilla ylläpidetään tai palautetaan kohteen toimintakyky sellaiseksi, että se pystyy suorittamaan halutun toiminnon. Siitä voidaan käyttää ilmaisua saavutettu tai odotettu tulos. Kunnossapidon suorituskyky riippuu sekä ulkoisista, että sisäisistä tekijöistä, kuten sijainti, kulttuuri, toiminta- ja palveluprosesseista, koosta, käyttöasteesta ja iästä Kunnossapidon suorituskyky saavutetaan käyttämällä korjaavaa, ehkäisevää ja parantavaa kunnossapitoa jotka yhdistävät eri tavoin työtä, informaatiota, materiaaleja, organisaation metodeja, työkaluja ja työtekniikkaa.” ( Järviö & Lehtiö 2012, 17)

Seuraava PSK 6201:2011 standardi määrittelee kunnossapidon seuraavasti: ”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana. Seuraavat käsitteet liittyvät läheisesti kunnossapitoon: Käyttö, käynnissäpito, logistiikka, parannus, muutos ja tehdaspalvelu.” ( Järviö & Lehtiö 2012, 18)

## Käyttö

”Tuotannon toteuttamisen välittömät toimenpiteet, kuten prosessinohjaus ja koneiden käyttö. Käyttöön voi kuulua myös tuotteen, prosessin, tai muuta sellaista vaatimat kytkentöjen muutokset, vaihtoyksiköiden, komponenttien ja työkalujen vaihdot.” (PSK 6201:2011 Käsitteet)

## Käynnissäpito

”Käytön lisäksi käyttöhenkilöstön tehtäviin voi sisältyä kohteen käyttökuntoon liittyviä tehtäviä kuten, puhdistukset, voitelu, asetukset, tuotantokoneiden korjauksia sekä kunnonvalvontaa ja tuotantokyvyn seuranta.” (PSK 6201:2011 Käsitteet)

## Logistiikka

”Työvoiman, varaosien ja materiaalien, kunnossapitolaitteistojen, tilojen, varastoinnin, telineiden ja alihankintojen yksilöintiä, valitsemista, hankintaa ja toimitusta.” (PSK 6201:2011 Käsitteet)



## Parannus

*”Toimenpide, jonka tarkoituksena on parantaa kohteen turvallisuutta, luotettavuutta tai kunnossapidettävyyttä muuttamatta kohteen toimintaa.” (PSK 6201:2011 Käsitteet)*

## Muutos

*”Toimenpide, jolla muutetaan kohteen toimintaa ja käyttöominaisuuksia.” (PSK 6201:2011 Käsitteet)*

Muutokseksi ei luokitella kohteen vaihtamista toiseen, identtiseen kohteeseen. Eikä muutos ole kunnossapitoa, vaan se on kohteen toiminnan muuttamista johonkin toiseen halutuksi uudeksi toiminnaksi. Muutoksilla voi olla myös vaikutusta luotettavuuteen tai tehokkuuteen tai molempiin samanaikaisesti. (Järviö & Lehtiö 2012, 19)

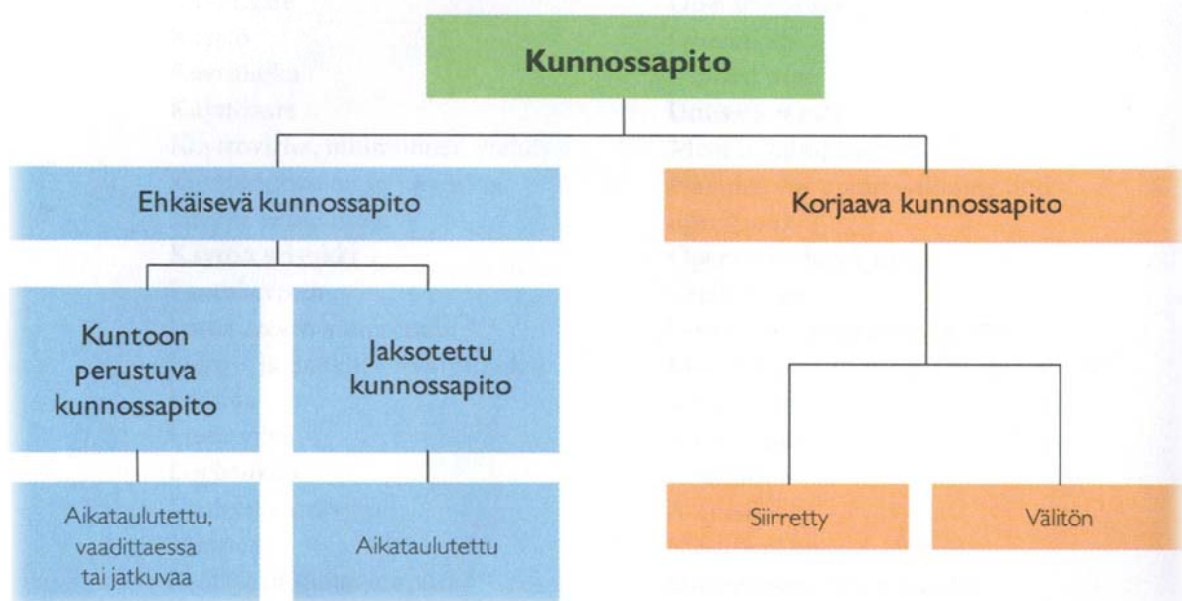
## Tehdaspalvelu

*”Tehdaspalvelu on tuotantolaitoksen sekä sen laitteiston ja ympäristön kehittämiseen, kunnossapitoon ja materiaalihallintoon liittyvää toimintaa. Siihen luetaan yleisesti kuuluvaksi myös kiinteistöhuolto, kuten vartiointi, palo-suojelu, puhtaanapito, LVIS-huolto, jätehuolto, lumityöt sekä ulkoalueiden ja istutusten hoito.” (PSK 6201:2011 Käsitteet)*

## 4. KUNNOSSAPITOLAJIT

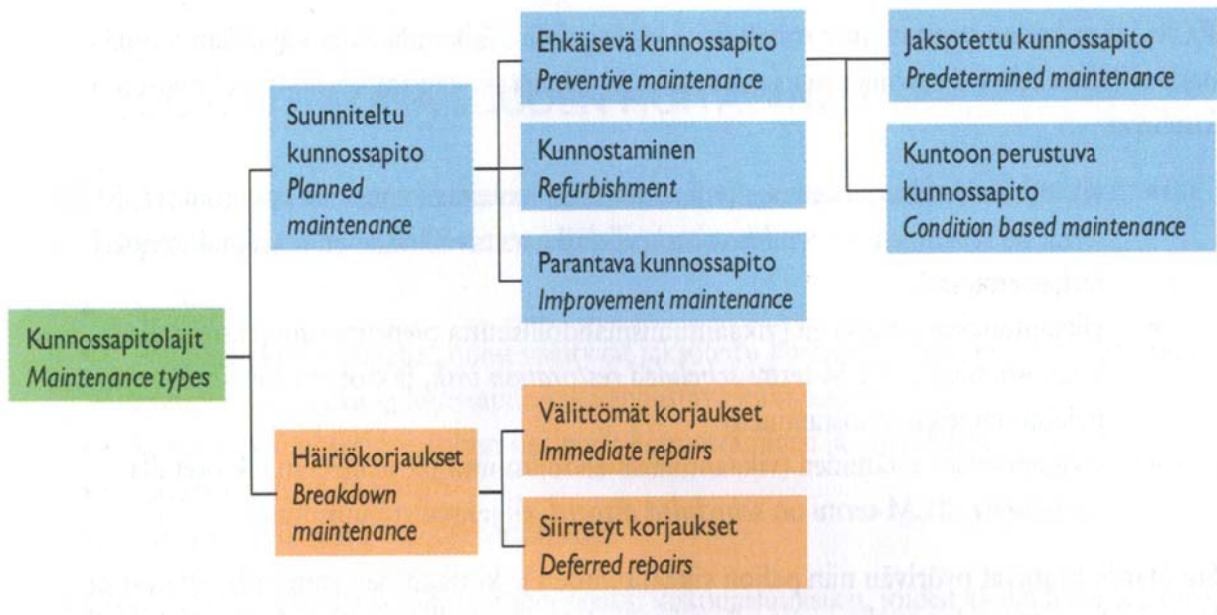
### 4.1 Kunnossapidon jaottelu

Kunnossapito jaetaan kunnossapito-ominaisuuksien mukaan. Tarkemmin sanottuna standardit jakavat kunnossapitotoimenpiteet niiden havaittujen vikojen mukaan. Luotettavuus keskeinen kunnossapito (RCM) jakaa kunnossapitotoimet ennakoi- ja reagoiviin. Reagoivasta kunnossapidosta käytetään termiä ohjeistus tai oletustehtävä. Reagoivassa kunnossapidossa toimitaan vain vian sattuessa. Tässä kappaleessa käsitellään kolmea eri kunnossapitolajittelun standardia, joista jokainen eroaa toisistaan hieman. Aikaisemmin vikaa määriteltiin tilaksi, jossa laite, kone tai kohde ei kykene suorittamaan vaadittua toimenpidettä. Ehkäisevään kunnossapitoon sisältyvät kaikki sellaiset toimenpiteet, joita suoritetaan ennen kuin vika pysäyttää laitteen, koneen tai kohteen toiminnan. Kuvassa 3 näkyy tarkka kunnossapitolajien jako. (Järviö & Lehtiö 2012, 46)



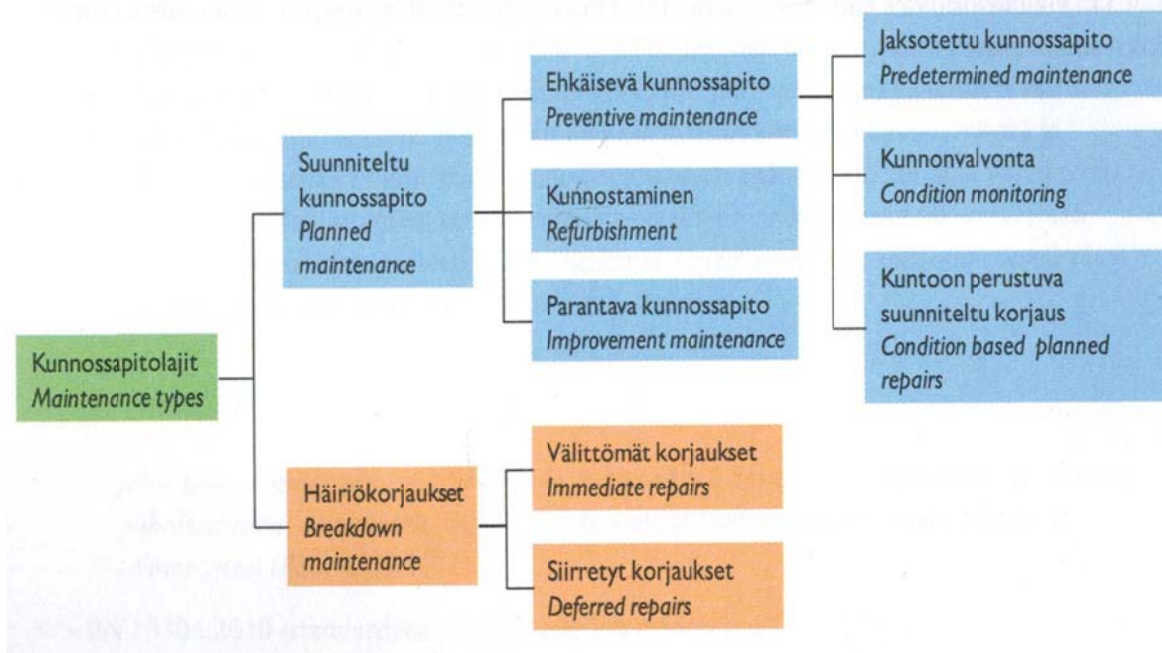
Kuva 3. Kunnossapitolaji, SFS-EN 13306:2010 (Järviö & Lehtiö 2012, 46)

Seuraavaksi tarkastellaan, miten PSK 6201:2011 jakaa kunnossapitolajit. PSK jakaa lajit sen mukaan, ovatko ne suunnitteluja vai aiheuttavatko ne tuotantohäiriötä. Näkökulma ero näkyy vertaillaessa kuvaa 3 ja 4. (Järviö & Lehtiö 2012, 46)



Kuva 4. Kunnossapitolajit (PSK 6201:2011; Järviö & Lehtiö 2012, 47)

PSK 7501:2010-standardin jakoperuste on sama kuin PSK 6201:2011-standardissa. Nämä kaksi eroavat vain siinä, että PSK 6201:2011 versiossa yhdistettiin kunnonvalvontaan perustuvat lajit yhdeksi kuntoon perustuva kunnossapito. PSK 7501:2010-standardi jakaa kunnonvalvonnan ja kunnon perustuva suunniteltu korjauksen erikseen kuvan 5 mukaan. (Järviö & Lehtiö 2012, 47)



Kuva 5. Kunnossapitolajit (PSK 7501:2010; Järviö & Lehtiö 2012, 47)

## 4.2 Korjaava kunnossapito

Yleisesti SFS-EN 13306:2010 käyttää korjaavasta kunnossapidosta käsitettä:

*”Korjaava kunnossapito on kunnossapitoa, jota tehdään vian havaitsemisen jälkeen ja tavoitteena saattaa kohde tilaan, jossa se voi toteuttaa vaaditun toiminnon.”* (Järviö & Lehtiö 2012, 51)

PSK 6201:2011 käyttää korjaavasta kunnossapidosta käsitettä:

*”Korjaava kunnossapitoa on häiriökorjaus, kunnostaminen, ja kuntoon perustuva suunniteltu korjaus.”* (Järviö & Lehtiö 2012, 51)

Korjaava kunnossapito voidaan jakaa kahteen eri kategoriaan. Ne voivat olla joko häiriökorjausta eli suunnittelematon tai kunnostusta eli suunniteltu korjaus. Korjaavaan kunnossapitoon sisältyvät seuraavat: vian määrittäminen, vian tunnistaminen, vian paikallistaminen, korjaus ja väliaikainen korjaus ja toimintakunnon palauttaminen. Korjaavan kunnossapidon tavoitteena on saada koneet toimimaan niiden halutulla tavalla. Korjaavan kunnossapidon suoritusajkojen avulla voidaan laskea koneen tai osan mahdollinen elinaika. (Järviö & Lehtiö 2012, 51; Niskanen & Paasikas & Toivoniemi, Hakupäivä 11.2.2013)

## 4.3 Huolto

Huoltoa pidetään kunnossapidon toimenpiteenä. Huollolla käsitetään kohteen tarkastamista, säädön, puhdistamisen, rasvauksen, öljynvaihdon, suodattimien vaihdon ja muita samantapaisia toimenpiteitä. Huolto on hyvin tärkeässä osassa monissa yrityksissä. Laitteita huoltamalla pidetään yllä käyttöominaisuuksia tai palautetaan laitteelle toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään varsinaisen vian syntyminen. Huolto tehdään yleensä jaksotetusti määrävällein. Määrävälit määräytyvät laitteille käyttöajan tai käyttömäärän mukaan, ottaen huomioon käytettävän laitteen käytön rasittavuuden. (Järviö & Lehtiö 2012, 49)

Määräaika huoltoon sisältyvät seuraavat toimenpiteet: puhdistus, voitelu, huoltaminen, kalibrointi, kuluvien osien vaihtaminen ja toimintakyvyn palauttaminen. Huollon ja ehkäisevän kunnossapidossa on paljon yhteisiä tehtäviä, mutta ne ryhmitellään eri tavalla. (Järviö & Lehtiö 2012, 50)

#### 4.4 Ehkäisevä kunnossapito

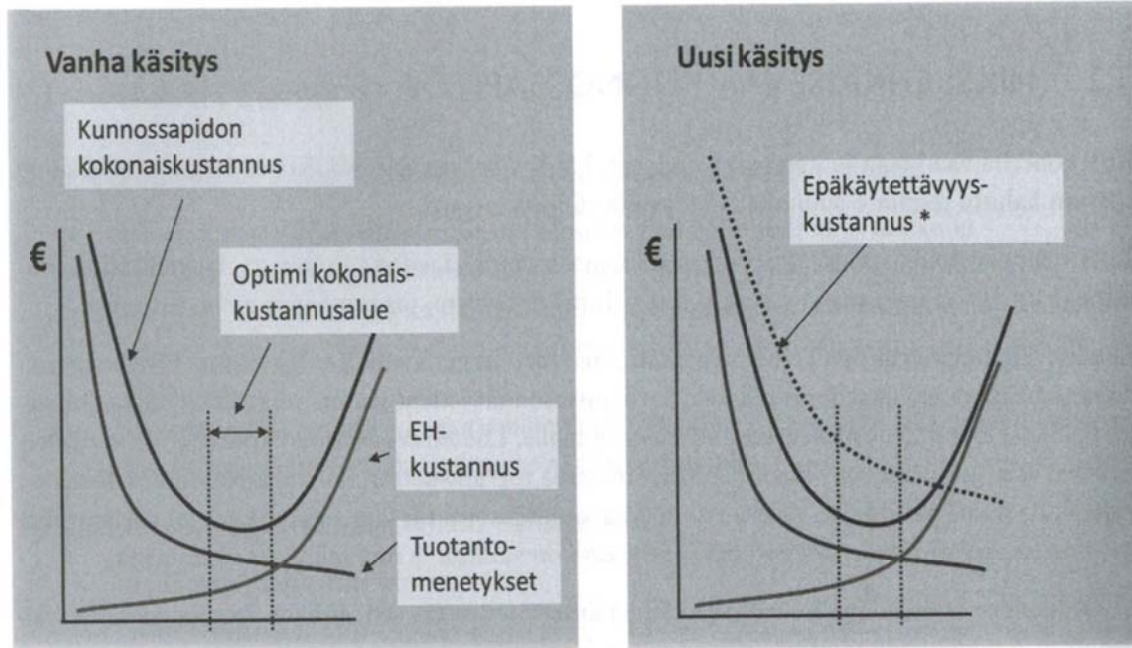
Suomessa käytetään joko ennakoivaa tai ehkäisevää sanamuotoa etukäteen tehdystä kunnossapidosta. Molemmat tarkoittavat samaa. Ehkäisevä kunnossapito käsitteenä tarkoittaa sitä, että yritetään pitää yllä laitteen käyttöominaisuuksia, palauttaa heikentynyt toimintakyky ja ehkäistä tai estää tulossa olevat häiriöt tai vikaantumiset. Käsitteenä ehkäisevä kunnossapito on laajin kunnossapitolaji. Ehkäisevä kunnossapito koostuu neljästä elementistä. Elementit ovat toimintaolosuhteiden vaaliminen, tarkastaminen, suunniteltu korjaaminen ja modernisoiminen. (Järviö & Lehtiö 2012, 95 ja 96)

Tarkastustoimenpiteet pyritään suorittamaan kohteen kunnan mukaisesti. Tarkastajina näissä toimivat pääsääntöisesti koneen käyttäjät. Tämä tarkastustoimenpide sen takia, sillä koneiden käyttäjät ovat niiden luona ja tuntevat normaalin ja epänormaalin toiminnan. Ehkäisevä kunnossapito on pääsääntöisesti suunniteltua säännöllistä toimintaa. Toiminta tehdään käydessä sekä erilaisten seisokkien, myös häiriöseisokkien yhteydessä. (Järviö & Lehtiö 2012, 96)

Ehkäisevä kunnossapito on erittäin tärkeää kun koneelta vaaditaan luotettavaa toimintaa. Luotettavan koneen on suoritettava haluttu toiminta normaalilla tavalla. Silloin häiriöitä ei voi esiintyä ainakaan usein, joten se yritetään ehkäistä ehkäisevällä kunnossapidolla. (Järviö & Lehtiö 2012, 97)

Hyvän ehkäisevän kunnossapidon tunnistaa siitä, että noin 80 % työtehtävistä on tiedossa jo noin kolme viikkoa etukäteen. Tämä johtuu siitä, että silloin toimenpiteet voidaan suunnitella, aikatauluttaa ja varaosat/tarvikkeet hankkia. Moubrayn mukaan ehkäisevästä kunnossapidosta noin 40–70 % tehdään aivan turhaa. Moubrayn pitää syynä tähän sen, että kunnossapidon työtehtävät tehdään liian usein ja liian usein menetelmät ovat hyödyttömiä. (Järviö & Lehtiö 2012, 97)

Ehkäisevällä kunnossapidolla on taloudellinen rooli yrityksessä. Tehokkaaseen kunnossapitoon vaaditaan hyvä suunnitelma ja aikataulutus. Sillä suunniteltu kunnossapito on noin puolet suunnittelemattoman kunnossapidon kustannuksista. Suurin yksittäinen syy tähän on se, että suunnittelematon kunnossapito johtaa usein tuotantohäiriöön. Kuvassa 6 näkyy vanha ja uusi malli optimoinnista. (Järviö & Lehtiö 2012, 97)



Kuva 6. Vanha ja uusi malli optimoinnista (Järviö & Lehtiö, 2012, 98)

Kunnossapidon työkuorman voi jakaa tällä hetkellä kolmeen alueeseen. Alueet ovat perus-, karkea-, ja hienokuormitus. Peruskuormitus perustuu koneen käyttösuunnitelman ja vuosisuunnitelman pohjalle. Tavallisesti peruskuorma laaditaan vuositasolle. Peruskuormituksen työt on määritelty yleisellä tasolla, eikä töitä ole yksityiskohtaisesti määritelty. Peruskuorman suunnittelussa otetaan ensisijaisesti huomioon yrityksen liikeloudelliset tavoitteet. Tämän takia peruskuorma voi vaihdella toimintakausina. Tähän malliin sisältyy myös strategisia ratkaisuja siitä miten kunnossapito tehdään. (Järviö & Lehtiö 2012, 99)

Karkeakuormitus toimintamallissa on otettu huomioon kunnonvalvonnan avulla havaittuja työtehtäviä, joita ei huomioitu peruskuormituksessa. Karkeakuormituksen suunnittelujakso on vain 1-3 kuukautta ja tavoitteena 80 %:n kuormitusaste. Karkeakuormituksen suunnitelmat kattavat työt sekä tarvittavat materiaalit ja varaosat. (Järviö & Lehtiö 2012, 99)

Hienokuormituksen suunnittelujakso on 1-2 viikkoa. Valmiiksi suunniteltujen toimenpiteiden osuus on 80 %. Tehokkaaseen resurssien hyödyntämiseen tarvitaan toimenpiteille noin 2-3 viikon toimitusaika, ilman koneen kunnon heikkenemistä kunnossapidon takia. (Järviö & Lehtiö 2012, 99)

#### 4.5 Parantava kunnossapito

Parantavan kunnossapidon tarkoituksena on joko parantaa luotettavuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä muuttamatta toimintoa. Yleensä parantava kunnossapito jaetaan kolmeen osaan. Ensimmäisessä osassa kohdetta muutetaan käyttämällä uudempia osia, mutta ei vaikuteta suoraan kohteen suorituskykyyn. Toiseen osaan kuuluvat uudelleen suunnittelut ja korjaukset. Tämän tarkoituksena on muuttaa kohteen luotettavuutta, eikä suorituskykyä. Kolmanteen osaan luokitellaan modernisaatiot. Tässä tarkoituksena on muuttaa kohteen suorituskykyä tehokkaammaksi ja elinikää pitemmäksi. (Järviö & Lehtiö 2012, 52)

#### 4.6 Kunnonvalvonta

Sähkölaitteiden kunnonvalvonnalla tarkoitetaan niitä laitteen käyttöönottoa edeltäviä ja käytön aikaisia toimenpiteitä, joilla saadaan tieto laitteen tai järjestelmän kunnosta. Tavoitteena on alkavan vikaantumisen havaitseminen ja korjaaminen ennen kohteen vioittumista kokonaan. Tietoa käytetään hyväksi kunnonseurannassa ja tulevien huolto ja korjausten suunnittelussa. Menetelmät jaetaan aistivaraisiin ja mittaaviin kunnonvalvontaan. Erityisesti värähtelymittaukset ovat tällä hetkellä tärkeä tekijä teollisuuden kunnossapidossa. Yrityksien tuotantolaitoksissa on huomattu kunnonvalvonnan positiivinen vaikutus koneiden käyttöasteeseen ja toiminnan kannattavuuteen. Kunnonvalvonta on kehittynyt viimeisen kymmenen vuoden aikana paljon, johtuen tietokoneiden ja ohjelmien kehityksestä. (Etto 2003. Hakupäivä 27.2.2013)

Kunnonvalvonta on kunnossapidon osa-alue ja se liittyy myös monella tavalla yrityksen muihin toimintoihin. Hyvällä kunnonvalvonnalla voidaan vaikuttaa myönteisesti yrityksen kannattavuuteen. Tutkimusten mukaan kunnonvalvonnalla saatavat hyödyt ovat, tuottavuuden kasvu, kunnossapidon suunnitelmallisuus, seisokkiaikojen parempi hyödyntäminen, suunnittelemattomien seisokkien väheneminen ja koneiden pitenevä elinikä. (Etto 2003. Hakupäivä 27.2.2013)

Seisokkien väheneminen kunnonvalvonnan avulla on yksi merkittävimmistä eduista. Keskimääräistä kunnossapitoaikaa voidaan lyhentää, koska viat eivät kehity vaurioiksi asti ja tarvittavat kunnossapitotyöt voidaan suunnitella vikojen ollessa vasta tiedossa. Yritykset jotka käyttävät kunnonvalvontaa ja siirtyvät korjaavasta kunnossapidosta mittaavaan kunnossapitoon voivat pudottaa kunnossapitokustannuksia jopa yli 50 prosenttia. (Etto 2003. Hakupäivä 27.2.2013)

#### 4.7 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

Vaikka standardit eivät määrittele tätä käsitettä, eikä tätä pidetä kunnossapitoon kuuluviksi toiminnoiksi niin niiden tärkeys on ymmärretty. Useiden asiantuntijoiden mielestä vikahistorioiden ja riskianalyysien käyttö muodostuvat yhdeksi tärkeimmistä kunnossapitoa ohjaavista toiminnoista jatkossa. Vikaantumistiedon keräämiseen ei kuitenkaan suhtauduta hyvin monissa yrityksissä. (Järviö & Lehtiö 2012, 52)

#### 4.8 Sähkölaitteiden kunnossapito

Sähkölaitteiden kunnossapidolla on erittäin suuri merkitys varmistaa sähkölaitteiston turvallisen ja häiriöttömän toiminnan. Sähköturvallisuuslaki määrää, että sähköluokkien 2 ja 3 laitteille tulee tehdä ennakolta kunnossapitosuunnitelma. Sähkölaitteiston muodostavat yleensä esimerkiksi kiinteistön sähköasennukset ja sähkölaitteet. Sähkö kunnossapitoon kuuluvat myös, kaikista sähkölaitteista huolehtiminen ja sähkö asennuksista huolehtiminen. Sähkökunnossapito on kaikkien sähkö teknisten laitteiden kunnossapitoa, jonka tarkoituksena on säilyttää sähkölaite toimintakunnossa tai palauttaa toimintakuntoon, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnan koko sen elinjakson ajan. (PSK standardisointi PSK 6201. Hakupäivä 27.2.2013)



## 5. VIKA JA VIKAAANTUMINEN

### 5.1 Vikojen luokittelu

Vikatilat luokitellaan seuraavaan luettelon mukaisesti:

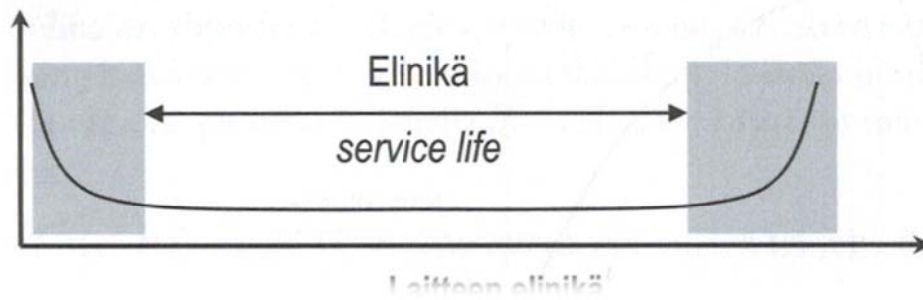
- Vika: Tila, jossa kohde ei pysty suorittamaan vaadittua toimintoa normaalisti.
- Vian peittyminen: Tilanne, jossa kohteen osassa on vika, joka toisen tässä samassa kohteessa olevan vian johdosta peittyy.
- Piilevä vika: Olemassa olevaa vikaa ei ole havaittu tai se ei ole havaittavissa.
- Osittainen vika: Vian seurauksena kohde pystyy suorittamaan vain tietyn osan vaaditusta toiminnasta.
- Ohjelmistovika: Ohjelmistossa olevan kohdan vika, joka estää siten kohteen toimimasta vaaditulla tavalla. (Järviö & Lehtiö 2012, 70)

### 5.2 Vian kehittyminen

Laitteet on suunniteltu toimimaan moitteettomasti ja jos laite on valmistettu oikein, käytetään oikein ja ylläpidetään oikein, niin vikaantumista ei pitäisi tapahtua. Yleinen ajatusmalli on, että vikaantuminen ei kehity itsekseen vaan jokaisella vialla on syntymä ja kehittymismekanismi. Nykyaikaisessa kunnossapidossa on tärkeämpää estää vikaantuminen kuin korjata vikoja tehokkaasti. (Järviö & Lehtiö 2012, 72)

### 5.3 Vikaantuminen ja aika

Vikaantuminen ja aika ovat yhteydessä toisiinsa. Vikaantumisen ja ajan suhteen vikaantumismalleja on vain yksi. Aluksi laitteen ottaessa käyttöön siinä saattaa esiintyä vikoja uutuuden takia, joka kuitenkin sisäänajokauden jälkeen vakiintuu. Laitteen tietyn elinajan jälkeen alkaa niin sanottu loppuun palaminen tai hajoaminen. Silloin vikaantumiskäyrä kääntyy lopuksi nousuun. Kuvassa 7 on esitetty kyseinen asia yksinkertaisen kuvan mukaan. (Järviö & Lehtiö 2012, 76)



Kuva 7. Laitteen elinaika (Järviö & Lehtiö 2012, 76)

#### 5.4 Vikaantumisen syyt

Perinteisesti ajatellaan, että vikaantumiset johtuvat huonosta suunnittelusta tai kestävydestä, eli tekniikoihin liittyvistä asioista. Nykyisten tutkimusten mukaan tämä ei kuitenkaan pidä täysin paikkansa, vaan vikaantumisille on viisi pääsyytä.

- Laitteita ei käytetä oikealla tavalla
- Käyttäjien tai kunnossapitäjien ammattitaito on liian heikkoa
- Laitteen ikääntymisen myötä esiintyvää toimintakyvyn heikkenemistä ei havaita tai korjata
- Laitteen käyttöolosuhteet eivät ole optimaaliset
- Laitteen suunnittelussa tai sijoittamisessa ei ole riittävästi huomioitu todellista käyttöä tai käyttöolosuhteita. (Järviö & Lehtiö 2012, 76)

Lisäksi on muita syitä, jotka luokitellaan ihan eritavalla kuin edellä olevat. Vikaantumisen aiheuttajia on mahdoton tietää ilman tutkimuksia tai kokemusta kyseisestä laitteesta ja sen kunnossapidosta. Nämä periaatteelliset syyt luetteloidaan seuraavaksi:

- Onnettomuus joka johtuu ulkoisista syistä. Voi aiheuttaa joko piilevän tai paljastuvan vioittumisen. Esimerkiksi onnettomuudeksi voidaan luokitella kastuminen tai vahingossa tapahtuvat kemialliset reaktiot.
- Ylikuormitus; esimerkiksi voidaan ottaa mekaaninen rasitus tai sähkövirta. Kohde ylikuormitetaan liian suurella kuormalla, kun sille määriteltyjä arvoja ei noudateta, vaan ne ylitetään.
- Korroosio; materiaali muuttuu käyttökelvottomaan muotoon joko liukenemalla ympäristöönsä tai reagoimalla ympäristön kanssa ja muodostamalla kiinteitä

korroosiotuotteita esimerkiksi ruostetta tai hometta. Korroosio ilmenee monella eritavalla, kuten kemiallisesti, sähkökemiallisesti tai galvaanisella korroosiolla.

- Eroosiossa kohteen pintaa kuluttavat kiinteän aineen hiukkaset, josta seuraa pinnan kuluminen.
- Kuluminen; Poikkeaa hieman eroosiosta, kaksi toisiinsa kosketuksissa olevaa pintaa hioutuvat toisiaan vasten ja aiheuttavat kulumisen.
- Abraasio; Kun kohteen pintaa koskettaa tai hioo toinen kappale, joka on kestävämpi kuin kohde. Suuremman kovuuden omaava kappale voi myös hioa materiaalia pois kohteen pinnasta aiheuttaen abraasion.
- Väsyminen tapahtuu laitteille kuormitusvaihteluista tai lämpötilavaihteluista johtuen. Kun kappaleissa on virheitä, särön kasvu alkaa lisääntyä, jolloin seuraa väsymistä.
- Komponentit vanhenevat esimerkiksi kemiallisista syistä.
- Inhimillinen virhe voi johtua siitä, ettei kouluttautumista ole hoidettu asianmukaisesti. Lisäksi inhimillinen virhe voi johtua myös välinpitämättömyydestä, välingossa tai tahallisuudesta.

(Aalto 1994. Hakupäivä 10.4.2013)

## 5.5 Menetelmät vikaantumista vastaan

Vikaantumista vastaan voidaan tehdä erilaisia suunnitelmia miten kohde pidetään toiminnassa. Vikaantumista vastaan tehokkain menetelmä on tehdä erilaisia monipuolisia kunnossapito huoltoja. Vikaantumista esiintyy satunnaisesti ja lähtökohta vikaantumisen välttämiseen on se, että viat ovat seurausta muutoksista koneen ikääntyessä ja sitä käytettäessä.. Suurin vikaantumista aiheuttava ryhmä on koneiden käyttäjät ja kunnossapitäjät. Lisäksi yksi suurimmista aiheuttajista on koneeseen kohdistuvan kunnossapidon sivuuttaminen. (Järviö & Lehtiö 2012, 47)

## 6 KUNNOSSAPITOSTRATEGIA JA KUNNOSSAPITOMENETELMÄT

### 6.1 Strategiat

Toimintamalleja löytyy erittäin paljon, sillä jokaisella on tietyn tapainen esitysmalli. Toimintamallit voidaan jakaa kolmeen kategoriaan. Ensimmäiseen kategoriaan kuuluvat laatujohtannaiset strategiat. Siinä keskitytään työtehtävien suorittamiseen oikealla tavalla ensimmäisellä kerralla. Toiseen kategoriaan kuuluvat strategiat, jotka motivoivat käyttäjää huolehtimaan koneestaan ja rakentamaan yhteistyötä muiden osastojen kanssa. Kolmanteen kategoriaan kuuluvat strategiat, jotka yrittävät valita tehokkaan kunnossapitostrategian. (Järviö & Lehtiö 2012, 112)

### 6.2 Strategia TPM

TPM lähestymistapa on systemaattinen lähestymistapa, jolla huonosti toimiva kunnossapitosysteemi muutetaan tehokkaammaksi. Tavoitteena tällä on saavuttaa maailmaluokan taso, jonka parhaimmat yritykset ovat saavuttaneet. TPM lähestymistapa muodostuu neljästä askelmasta, jotka ovat suunnittelu, mittaus, kunnostus ja huippukuntovaihe. (Järviö & Lehtiö 2012. 114)

### 6.3 TPM - Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito

TPM -filosofian mukaan lähtökohta on se, että luodaan tuotannon koneille optimaaliset toimintaolosuhteet ja yritetään ylläpitää ne. Kokonaisvaltainen sana TPM:ssä korostaa seuraavia asioita: kokonaistehokkuus, kokonaiskattavuus ja kokonaisvaltainen osallistuminen. TPM:n ajatus maailman perustajan Nakajiman mukaan sen päämäärät ovat:

- pyrkiä maksimoimaan koneen kokonaistehokkuutta
- kehittää kunnossapitosysteemi
- pitää mukana kaikki ihmiset ja osastot, jotka liittyvät koneen suunnitteluun, käyttämiseen tai kunnossapitoon
- sitoa koko yrityksen henkilökunta kaikilta tasoilla mukaan
- siirtää kunnossapidon suunnittelu koneen käyttäjille ja kunnossapitäjille.

(Järviö & Lehtiö 2012. 143, 144 ja 146)

TPM:n pääidea toisella tavalla ajatellen on, että koneet ja laitteet, joista tuotanto on riippuvainen, pidetään kunnossa ja suorituskyky maksimissa. Keskeiset päämäärät toisella tavalla ajatellen ovat seuraavat:

- koneen kokonaistehokkuuden maksimointi (aika, teho ja laatukertoimet)
- kunnossapitosysteemin kehitys, joka ulottuu koneen koko eliniäksi
- ihmisten ja osastoiden liittäminen mukaan, joilla on osuutta koneisiin
- yrityksen henkilökunnan sitouttaminen kaikilta eri tasoilta
- kunnossapidon suunnittelun ja toteutuksen siirtäminen niille ryhmille, joilla on osuutta koneen toimintaan. Tyypillisesti ryhmä koostuu koneen käyttäjistä.

(Mäkinen 2012. hakupäivä 27.2.2013)

#### 6.4 RCM - Luotettavuuskeskeinen kunnossapito

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito pitää kunnossapidon perusongelmana ehkäisevän kunnossapidon suunnittelua. Valmiita tehokkaita menetelmiä ei ole ollut tai ei ole käytettävissä, niin joudutaan usein kunnossapito suunnitelmat tekemään joko koneiden valmistajien ohjeiden mukaan tai omien kokemusten perusteella. RCM on metodi, jonka avulla voidaan suunnitella kunnossapidettävän kohteen kunnossapito. Joidenkin tutkimusten mukaan ennakoiva kunnossapito ei vaikuta monimutkaisten laitteiden luotettavuuteen. RCM:n metodin päämäärä on suunnitella kunnossapidettävän kohteen kunnossapito: (Järviö & Lehtiö 2012. 159 ja 163)

- Kohdistetaan kunnossapito laitteisiin joissa sitä tarvitaan eniten.
- Selvitetään laitteiden vikaantumismekanismit.
- Kunnossapidetään myös sellaiset raja- ja turvalaitteet, jotka prosessin toimiessa eivät ole käytössä.
- Laaditaan laitteille, joille ei löydy tehokkaita ehkäisevän kunnossapidon menetelmiä niin valmiit toimintaohjeet vikaantumisen sattuessa.
- Opetetaan koneiden käyttöhenkilökunta seuraamaan tärkeimpien komponenttien toimintaa.

- Luodaan edellytykset analysoida kunnossapidon kustannuksia, parantaa prosessin tuottavuutta sekä laitteiden luotettavuutta

(Järviö & Lehtiö 2012. 159 ja 163)

RCM:ää käsitellään yleensä seitsemän peruskysymyksen avulla jotka ovat:

1. Mitkä ovat kohteen toiminnot ja minkä suorituskykytason käyttäjä siltä edellyttää nykyisissä toimintaolosuhteissa?
2. Millä tavoin kohde vikaantuu ja on sitä kautta kykenemätön täyttämään vaaditut toiminnot?
3. Mitkä ovat syyt kuhunkin toiminnalliseen vikaan?
4. Mitä tapahtuu vikojen ilmettyä?
5. Millä tavoin viat vaikuttavat? Mikä on niiden merkitys?
6. Mitä voidaan tehdä vikojen ennustamiseksi tai ennaltaehkäisemiseksi?
7. Mitä pitäisi tehdä jos soveltuvaa ennakoivaa toimenpidettä ei ole määriteltävissä?

Kaikki yksittäiset toimenpiteet perustuvat sekä henkilöstön ja ympäristön turvallisuuden että käytön ja taloudellisuuden huomioimiseen. Edellä mainitut seitsemän kohtaa kuitenkin riippuvat kohteesta ja tuotteesta ja sen käyttöön soveltamisesta. Hyvä RCM soveltaminen edellyttää kuitenkin sen, että ymmärretään laitteistot ja rakenteet, laitteiston järjestelmät sekä vikaantumiset ja niiden seuraukset. (Ramentor. RCM. Hakupäivä 27.2.2013)

## 6.5 ODR - Käyttäjäkeskeinen kunnossapito

ODR eli (Operator Driven Reliability) on suomeksi käyttäjäkeskeinen kunnossapito, sillä tarkoitetaan kunnossapitotoimenpiteitä, joita käyttöhenkilöstö, kunnossapitäjät ja muut yrityksen henkilöstöt suorittavat. Tämän tyypillisellä kunnossapidolla tehdyt kunnossapitotehtävät ovat yleensä ehkäiseviä. Yleensä ne huomataan tarkastuksien yhteyksissä. Tarkastuksissa ja muussa tavallisessa käytössä huomataan yleensä muutokset kohteen toiminnassa. (Mäkinen 2012. Hakupäivä 27.2.2013)

Käyttökäeskeistä kunnossapitoa ei kuitenkaan pidä pitää yrityksen ainoana kunnossapito-ohjelmana. ODR on hyvä lisä RCM- tai TPM- menetelmille. ODR on erittäin helppo ehkäisevä kunnossapito-ohjelma, sillä siihen voi liittyä koko yrityksen tiimi seuraten

mahdollisia muutoksia. Käyttöhenkilöstön aistit toimivat tässä havainnointitapana. ODR jaetaan yleensä kolmeen eri osa-alueeseen:

- laitteiden käyttöön liittyviin toimenpiteisiin
- käyttöhenkilöstön ja kunnossapidon päivittäisessä yhteistyössä havaitsemiin tarpeisiin
- käyttöhenkilöstön itsenäisesti suoritettaviin tehtäviin, joilla pyritään parantaa laitteiden käytettävyyttä.

Käyttöhenkilöstöllä on usein vääristävä kuva ODR:stä, sillä he luulevat usein, että heidän pitäisi itse pystyä korjaamaan laitteet. Pyrkimyksenä ODR:ssä on myös luoda yhteistyöhalu koneen toiminnasta käyttöhenkilöstön ja kunnossapidon välille.

(Mäkinen 2012. Hakupäivä 27.2.2013)

## 7 LAINSÄÄDÄNTÖ JA MÄÄRÄYKSET

Nykyään sähköturvallisuusmääräykset vaativat ennakkohuolto-ohjelman olemassa oloa. Ennakkohuolto-ohjelmaa ei kuitenkaan vaadita kaikille laitteille, vaan niille laitteille jotka ovat KTM 2004a mukaiset. Kittilän kaivoksessa laitteet ovat 3a mukaiset, joten huolto-ohjeet kuuluvat osaksi rakennetta. 3a sähkölaitteet ovat räjähdysvaarallisessa tilassa, jossa käsitellään vaarallista kemikaalia ja käsitellään räjähteitä. Lisäksi määräyksissä ei myöskään kuvata huolto-ohjelman tarkempaa sisältöä tai vaatimuksia. Kun tiedetään mitä sähköturvallisuus määräykset vaativat, voidaan ne ottaa huomioon jo suunnitellessa kunnossapito-ohjelman.

Sähköturvallisuuden perustan muodostavat säädökset, jotka ovat eriasteisia ja arvoisia. Korkeimpana säädöksissä ovat lait. Niitä täydentävät sitten asetukset ja ministeriöiden päätökset, Tukes-ohjeet ja muut viranomaisohjeet ja standardit. Sähköturvallisuuden kannalta kaikista tärkeimmät säädökset ovat seuraavat:

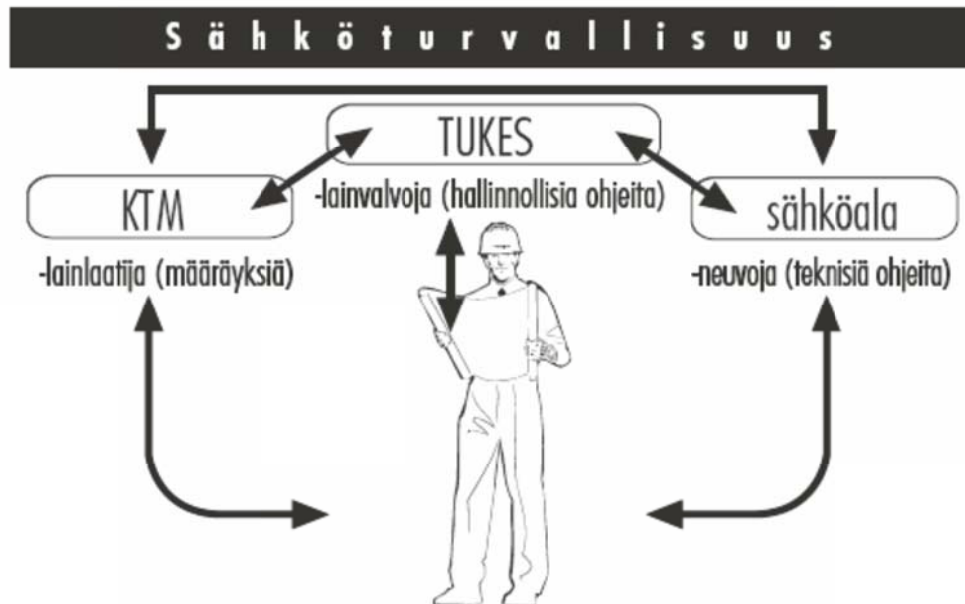
- Sähköturvallisuuslaki (410/1996, muutoksia vuosina 1999, 2001, 2002, 2004, 2007 ja 2010)
- Sähköturvallisuusasetus (498/1996)
- KTM-päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta (1193/1999) ja sitä tarkentava Tukes-ohje S 10
- KTM-päätös sähköalan töistä (516/1996) ja sitä tarkentava Tukes-ohje S7-98
- KTM-päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä (517/1996) ja sitä tarkentava Tukes-ohje S 4-05
- Tukes-ohje S5-08 (Sähkö- ja hissiturvallisuus-tutkinnot).

Näiden säädöksiä lisäksi on olemassa lukuisia standardeja, lakeja, asetuksia ja ministeriöiden päätöksiä. (Sähköturvallisuuden edistämiskeskus. Hakupäivä 26.2.2013)

Sähköturvallisuuslain (410/1996) viimeisin versio on vuodelta 2010. Tämä laki määrittelee kaikille laitteille perustan käytölle, huollolle ja tarkastuksille. Sama laki määrittelee myös näitä tarkastavia ja valvovia laitoksia ja viranomaistahoja. Suomessa ohjeita, lakeja, määräyksiä ja standardeja sähkölaitteistolle antavat esimerkiksi seuraavat: Tukes, KTM, SFS, PSK, SESKO. Suomessa sähköalaa koskevia määräyksiä antaa KTM. Tukesin tehtävänä on valvoa, että lait ja sähköturvallisuus toteutuu ja seurata alan toi-



mintaa. Sähköalalla pitää noudattaa viranomaistahojen antamia määräyksiä ja lakeja. Kuvassa 8 on esitetty eri viranomaistahojen sähköturvallisuutta. (Saarenpää 2006. Hakupäivä 4.3.2013; Tukes, 26.2.2013)



Kuva 8. Sähköturvallisuus eri viranomaistahojen suhteen (Tukes 2006. Hakupäivä 26.2.2013)

## 8 SÄHKÖJÄRJESTELMÄN JA LAITTEISTON JAKO

Teollisuuden sähköjärjestelmät ja laitteet voidaan jakaa suurin piirtein niiden toiminnan perusteella seuraaviin osiin. Kuitenkin erilaisia jakotapoja on monia:

- tehomuuntajat
- katkaisijat
- sähkötilat ja kojeistot
- relesuojaus
- sähkömoottorit
- rakennussähköistys kuten valaistus ja huoltosähköverkko
- akut ja varavoima
- sähkölaitteistot kuten hissit, nosto-ovet ja nosturit.

(Etto 2003. Hakupäivä 27.2.2013)

Sähkölaitteiden viat voidaan jakaa niiden sähköisten toiminnallisten ominaisuuksien mukaan. Viat voivat olla esimerkiksi jaoteltu seuraavalla tavalla:

- maasulku (joko pysyvä tai ohimenevä)
- oikosulku
- katkos
- huono kontakti
- eristysvika
- ylikuormitus
- toimintavirhe
- käyttövirhe
- suunnitteluvirhe.

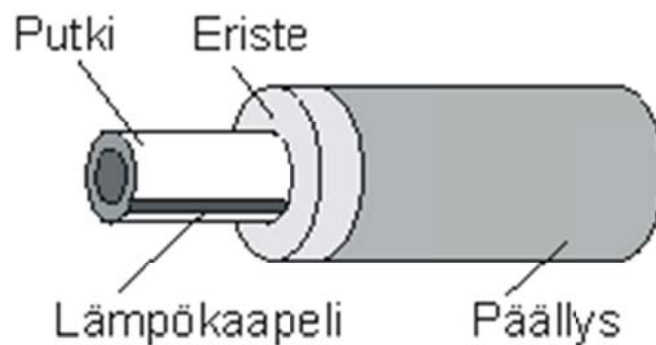
(Etto 2003. Hakupäivä 27.2.2013)

## 8.1 Sähkö saattolämmitys

Kittilän kultakaivoksella on erilaisia kaapeleita erittäin paljon. Talvella varsinkin pakkasella, tarvitsee estääkseen jäätyminen tietyntyyppiset kaapelit sähkö saattolämmityksen. Saattolämmitys on kaivoksella käytössä lähinnä ulkotiloissa olevilla kaapeleilla. Kaikki kaivoksella käytettävät saatto lämmityskaapelit eivät ole samanlaisia, sillä niiden valintaan vaikuttavat monet tekijät.

Sähkö saattolämmitys toimii siten, että se pyrkii muuttamaan putkesta ympäristöön siirtyvän energian putken tai kaapelien sisällä. On erittäin hyödyllinen kaivoksella, sillä joissakin tapauksissa saattaisi tapahtua talven aikana jäätyminen. Jokaisen saattolämmityksen tehdyn kaapelin tarvitsema energia määrä pitää laskea kaapelikohtaisesti. Siihen vaikuttavat ainakin, olosuhteet, ympäristö, kaapelin pituus, kaapelin merkki ja malli. Sulana pito ratkaisut ovat kaapeleiden tai putkien ominaisuuksien mukaan valitsemissa.

Lämpökaapelin luovuttaman energian määrä täytyy olla samansuuruinen tai mielellään hieman suurempi, kuin putkesta tai kaapelista ympäristöön siirtyvät lämpöhäviöt. Parempi eristys vähentää tarvitsemaa lämmitystehoa. Kuvassa 9 on esitetty hyvä malli kaapeli.



Kuva 9. Sähkö saattolämmitys kaapeli (ABB Kotisivuilta)

## 8.2 Lämpökuvaus

Lämpökuvaus on yleistynyt sähkökunnossapidossa. Lämpökuvaus on erittäin hyödyllinen kuvataksien laitteiden kuntoa. Lämpökamera mittaa kohteen pintalämpötilaa ja sen toiminta perustuu lämpösäteilyyn. Sillä voi kuvata melkein kaikki sähkölaitteet. Erittäin suuri osuus alkavista vioista johtuu liian korkean vastuksen ja liian korkean virran aiheuttamasta ylikuumenemisesta. Lämpökuvauksella voidaan havaita jo pienet ylikuumenemiset ja lämpö erot. Virran kulkiessa sähköpiireissä osa sähköenergiasta muuttuu lämpöenergiaksi. Lämpökuvauksen avulla voidaan kuvata erilaiset laitteet ja vertailla samanlaisten komponenttien lämpöarvoja keskenään.

Yleisimpiin ongelmiin johtavat syyt keskuksissa, taajuusmuuttajissa, ja muissa laitteissa ovat löysät liittimet, alimitoitettut johtimet ja liiallinen virta laitteistossa. Muuntajissa kuumenemista voi esimerkiksi aiheuttaa jo pieni määrä jäähdytys öljyn vuotaminen. Erittäin usein lämpökuvaukset tehdään myös moottoreille, joissa yleisimmät kuumenemista aiheuttavat syyt ovat seuraavat viat: Yliaallot, jäähdytys ja ilmankierto, eristys ongelmat käämityksessä ja laakeriongelmat kuten kuluminen, voitelu ja ylikuumeneminen.

Lämpökamerakuvassa saadaan paljon pienemmästä alueesta tarkempi kuva kuin infrapunalämpömittarilla. Infrapunalämpömittarista ei näy yksittäisiä vikoja sen suuren toiminta alueen takia, vaan se mittaa yleensä keskiarvon lämpötila alueesta. Kuvassa 11 näkyy ero.



Kuva 10. Lämpökameran ja infrapunalämpömittarin mittauksen erilaisuus (Google.)  
www.3edu.fi)

## 9 KITILÄN KAIVOKSEN SÄHKÖVERKKO

Kittilän kaivokselle sähkö tulee Rovakaira Oy:n omistamasta sähköasemalta. Rovakairan omistamasta sähköasemasta tulee kaivos alueelle linjaa pitkin 110/20kV jännitetä. Kaivoksella on kaksi kappaletta 25MVA-muuntajia joiden läpi sähkö jaetaan. Sähköasemalla on yhdeksän lähtöä, joista jokainen on tarvittaessa kaivoksen käytössä, mutta tavallisesti kahdeksan niistä on kaivoksen käytössä. Kaivoksen sähkön kulutus on noin 120,000–140,000 MWh/vuosi. Vuonna 2012 koko vuoden kulutus oli 136,000MWh/vuosi. Selventääkseen hieman suuruus luokkaa vastaa se noin 7500 sähkölämmitteisen omakotitalon sähkönkulutusta. Sähkön kulutus muuttuu vuodesta 2013 eteenpäin, koska avolouhintaa ei alueella enää ole. Muutokset nähdään seuraavan vuoden kokonaiskulutuksessa.

Sähkön keskijännitteen 20kV:n siirto kaivosalueelle tapahtuu pääsääntöisesti maakaapeleilla, mutta käytössä on myös avojohtoja. Maanalaiselle kaivokselle sähkö siirretään pelkästään maakaapeleilla, jotka kulkevat vinotunnelia pitkin. Uusien laajennus suunnitelmien lisääntyvä sähkönkulutuksen määrä ja siirtotavat eivät olleet tiedossa vielä tässä vaiheessa.

Maanalaisessa kaivoksessa käyttöjännite on suurimmilta osin 690V. Tämä johtuu siitä, koska porauslaitteet, pumput, puhaltimet ja muut laitteet käyttävät pääsääntöisesti 690V jännitettä. Keskijänniteverkoston laajuus vuonna 2011 oli 20 kV avolinjoja 2 km ja 20 kV kaapelointeja 8 km.

Uusimpien ABB tekemien tutkimusten mukaan koko kaivoksen sähkönkulutus jakaantuu suurin piirtein niin, että 2/3 energian kulutuksesta menee kaivokseen ja rikastamoon ja 1/3 kuluu koko kaivoksen muuhun toimintaan. Yleisesti kaivoksissa energiaan kuluu noin 15 % koko kaivoksen tuotantokustannuksista. (ABB. Kotisivut)

Kittilän kaivos liittyi 2012 energiatehokkuussopimukseen, jonka tarkoituksena on pienentää 9 % kaivoksen kasvihuone päästöistä. Kaivos käyttää hukkaenergiaa tehokkaasti rakentaessaan uuden lämmön talteenoton. Sieltä ilma menee maanalaiseen kaivokseen tietyn prosessin läpi. Hukkalämpö korvaa nykyisen tiedon mukaan 90 % kaivosilman lämmitykseen tarvitsemasta energiasta. Ennen tähän samaan lämmitykseen tarvitsi noin 820 tonnia kaasua. (ABB. Kotisivut)

## 10 SÄHKÖMOOTTORIN KUNNOSSAPITO JA HUOLTO

Moottorien kunnossapito on yksi kaivoksen tärkeimpiä kunnossapito kohteita. Moottorit pyörittävät useita kaivoksen laitteita ja ovat tärkeässä roolissa prosessin käydessä. Moottorien huolto-ohje onkin yleisesti ottaen suunnilleen samanlainen moottorin rungon koosta, tehosta, asennus paikasta tai asennosta riippumatta. Poikkeuksia kuitenkin löytyy. Esimerkiksi moottorin ollessa pysty asennossa on huolto hieman erilainen kuin vaaka asennossa olevalla moottorilla. (ABB 2013. Hakupäivä 5.3.2013)

Huoltoa aloitettaessa sähkömoottori on kytkettävä vapaaksi ja varmistettava siten, että sitä ei voi kytkeä uudelleen päälle. Tärkeää huoltoa aloittaessa on tarkistaa, että missään jännitelähteeseen kytketyssä osassa ei ole jännitettä. Joskus moottorit erotetaan huoltotöiden ajaksi sähköverkosta, silloin on kiinnitettävä erityisesti huomiota, että mahdolliset apuvirtapiirit kuten seisontalämmitykset, apu tuulettimet, jarrut ja jne. erotetaan myös sähköverkosta. Jos moottori joudutaan purkamaan huoltotöiden ajaksi, pitää keskitysreunoista poistettava tiivistysmassa kokoon laitettaessa tiivistää uudestaan. Asennetut kupariset tiivistysaluslevyt on laitettava aina takaisin paikoilleen.

Erilaisia moottoreita on kaivoksella niin monta, että keskitytään moottorien kunnossapitoon yleisesti eikä moottorikohtaisesti. Jos moottoreihin pitää vaihtaa laakerit, pitää uudet olla alkuperäisiä vastaavia. Laakereiden yhteydessä moottoriin pitää myös vaihtaa akselitiivisteet, jotka ovat alkuperäisiä vastaavia. Eniten moottori vikoja tulee ylikuormituksen eli lämpenemisen kautta, (ABB 2013. Hakupäivä 5.3.2013)

Moottorin kunnossapito-ohjeet:

- Tarkista moottori säännöllisin välein. Moottori pitää tarkistaa kuitenkin vähintään kerran vuodessa. Yleensä vaikeissa olosuhteissa toimivat moottorit tarkistetaan ja huolletaan useammin, kuin kerran vuodessa. Tarkastukset voidaan pitää useammin kuin varsinaisen huollon.
- Moottori on pidettävä puhtaana ja huolehdittava jäähdytysilman vapaasta kierrosta. Pöly paikoissa moottorin tuuletusjärjestelmää on tarkistettava ja puhdistettava riittävän usein paikasta riippuen.

- Moottorien akselitiivisteiden kuntoa on seurattava säännöllisesti ja tarvittaessa ne pitää vaihtaa uuteen.
- Moottorin kytkentöjen kuntoa ja kiinnitysruuviin kuntoa pitää tarkkailla säännöllisesti. Myös johtojen kulumista voidaan tarkkailla.
- Moottoreissa erittäin tärkeät ovat laakerit, joita pitää tarkkailla kuuntelemalla, laakeriääntä, tärinää, mittaamalla lämpötilaa, tarkkailemalla poistuvaa voiteluainetta tai SPM- valvontalaitteilla.

(ABB 2013. Hakupäivä 5.3.2013)

Moottorin ollessa kauan valmiustilassa eli käyttämättä tulee sitä pitää kunnossa erilais-  
ten ohjeiden mukaan. Moottorit täytyy huoltaa myös silloin kuin ne eivät ole käynnissä  
pitkään aikaan:

- Moottorin akselia pitää pyörittää kahden viikon välein käynnistämällä järjestelmä. Poikkeus tähän on jos moottoria ei voi käynnistää jostakin syystä, silloin akselia tulee kääntää käsin kerran viikossa, jotta se menee eri asentoon.
- Moottorin laakeri pitää rasvata akselin pyörittämisen yhteydessä vuosittain. Ennen rullalaakerin pyörittämistä kuljetuslukitus täytyy irrottaa.
- Kaikki mahdollinen tärinä tulee välttää laakerin vioittumisen estämiseksi.

(ABB 2013. Hakupäivä 5.3.2013)

Moottorien voitelu on erittäin tärkeässä osassa niiden kunnossapidossa. Yleensä moot-  
torien käyttö-ohjeissa on sanottu kyseisen moottorin voiteluväli jota pitää noudattaa  
mahdollisimman tarkasti. Voitelu tehdään yleensä moottorin ollessa käynnissä, mutta  
voidaan tehdä myös moottorin ollessa pysähtyneenä. Voitelun jälkeen moottorin pitää  
antaa tyhjä käydä 1-2 tuntia. Tämä tehdään sen takia, että ylimääräiset aineet valuvat  
pois. (ABB 2013. Hakupäivä 5.3.2013)

Moottorin huolto aloitetaan sillä, että se puretaan. Aluksi irrotetaan hiilten jouset, jonka  
jälkeen poistetaan hiilet kanavistaan. Hiilten jousia ottaessa pois kannattaa merkitä  
muistiin, kummalla puolella jouset olivat. Moottorin tyypistä riippuen hiilten jäykkyys  
plus- ja miinuspuolella voivat olla erit. Purettu moottori voidaan puhdistaa jonka jäl-  
keen moottori kasataan jälleen. Tämä esimerkki huolto toimenpide on pienille yksinker-  
taisille moottoreille, joita kaivoksella ei kuitenkaan huolleta näin vaan ne vaihdetaan  
kerralla uusiin jos tarvitsee. (Liljeroos 2010. Hakupäivä 5.3.2013)

Sähkömoottorin kunnossapito on ollut hyvä silloin, kun tunnistetaan alkava vika mahdollisemman varhain. Yleensä silloin jää aikaa vielä toimenpiteisiin. Esimerkiksi kuluneet osat voidaan seuraavassa huolto seisokissa vaihtaa/korjata/huoltaa – ennen kuin vika alkaa estää normaalia käyttöä. Tässä säästettäisi suunnittelemattomista alasajoissa tai muista keskeytyksistä. Moottori on pitkäikäinen oikein hoidettuna, jopa 30 vuotta. Moottoreiden yleisin hajoamisen syy on laakereiden hajoaminen, kuluminen ja ylikuumeneminen, joka voidaan estää kunnan jäähdytyksellä ja määräaikaaisilla huolloilla. Moottorien hyvän kunnan takaa kuitenkin parhaiten kunnolliset valvonnat kaikille pääkomponenteille. Roottorit, akselit, laakerit, jäähdytys, harjat, liukurengaat ja muut moottorin osat voidaan samalla myös katsoa kun tarkistetaan moottorin kunto.

(ABB 2012. Hakupäivä 5.3.2013)

Kittilän kaivoksen moottorit sijaitsevat hyvin erilaisissa ympäristöissä. Moottorit voivat sijaita joko, rikastamolla sisällä, kaivoksen sisällä tai ulkona ja erilaisissa olosuhteissa muutenkin. Moottorit joutuvat tietyissä paikoissa kestäämään suuriakin lämpötilojen eroja, suurta kosteutta, kovia ilmavirtauksia, pölyisiä ja sotkeentuvia paikkoja, ja monia muita vaikeita olosuhteita. Yleensä juuri vaikeissa olosuhteissa toimivat moottorit joudutaan huoltamaan tiheämmin tai vaihtamaan uusiin rikkoontumisen takia. Kuvassa 11 näkyy kaivoksen moottorien ympäristö olosuhteet.



Kuva 11. Kittilän kaivos, moottorit. 2010 (Agnico-Eagle Mining)



## 11 TAAJUUSMUUTTAJAN KUNNOSSAPITO JA HUOLTO

Kittilän kaivoksella on monia erilaisia taajuusmuuttajia, johtuen siitä, että koko kaivoksella on paljon käytössä eri moottoreita. Taajuusmuuttajat valitaan usein moottorien kannalta sopiviksi. Taajuusmuuttajan avulla voidaan moottorin toimintoja muuttaa monipuolisemmaksi. Näin sitä on helpompi säätää sille tarkoitettuun toimintaan ja käyttöön.

Taajuusmuuttajan kunnossapitoon kuuluvat seuraavat asiat:

- puhaltimien vaihto
- ohjauspaneelin vaihto
- puhdistaminen pölyistä ja muista lika aineista
- jäähdytyksen huolto
- jäähdytyslementti puhdistaminen pölyistä
- visuaalinen tarkistus
- kosketussuojaus
- vikaindikoinnit
- merkinnät
- kasettilähdöt
  - liittimien toiminnallinen tarkastus ja voitelu
  - johdinliitoksien kiristys
  - profibus väylän liitokset, merkinnät, suojausasetuksien tarkastus
- kiinteät lähdöt
  - katkaisijan toiminnallinen koestus auki/kiinni
  - johdinliitokset, sulakekoot, merkinnät ja muut.

(ABB Taajuusmuuttajat. Hakupäivä 5.3.2013)

Kittilän kultakaivoksen yleisin taajuusmuuttaja on ABB:n valmistama ACS-800. Taulukossa 3 on esitetty kyseisen taajuusmuuttajan huolto-ohje. Kategoriaan pienjännitetaajuusmuuttajaan kuuluvat taajuusmuuttajat ovat käytössä kaivoksella. Kaivoksella on

myös muita taajuusmuuttajia käytössä, mutta yleisin malli otettiin tarkasteluun. Tämä myös sen takia, kun taajuusmuuttajien kunnossapito ei poikkea paljon mallista riippuen.

Usein viat, jotka taajuusmuuttajalle tulevat ovat lähtöisin ympäristöstä. Hyvin usein myös huomataan, että käyttöönotossa on annettu taajuusmuuttajalle väärät toiminta-arvot ja laite vikaantuu sen johdosta. Jos taajuusmuuttajalle tulee vika, tulisi vikojen etsinnässä osata käyttää ainakin yleismittaria jännitteen ja eristysresistanssin mittaamiseen. Jos vian etsimiseen ja löytämiseen menee kauan niin taajuusmuuttaja voi olla jo vaurioitunut niin pahoin, että se pitää vaihtaa toiseen vastaavaan. Tärkeää toimenpiteissä on seurata, että sähköturvallisuutta noudatetaan ja tietyissä kohteissa kohde tehdään jännitteettömäksi.

**Taulukko 3. ACS-800 taajuusmuuttajan huoltovälitaulukko (ABB, ACS-800 Ohje)**

Vuotta käyttöönotosta																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
<b>Käyttöönotto</b>	P																						
<b>Jäähdytys</b>																							
<b>Ilmajäähdytteinen:</b>																							
Sisäinen/lisäpuhallin ACS800-01/-11/-31,104, IP21 ja IP55		I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	
Puhallin (ACS800-01/-02/-04/-07/-11/-17/-31/-37/-104/DSU)		I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	
Puhallin (TSU)		I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	
Lisäventtiilin jäähdytyspuhallin (ACS800-02)		I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	I	I	R	
Kaapin sisäinen lisäpuhallin (ACS800-x7, ACS800 md)		I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	
Kaapin katolla oleva IP54 lisäpuhallin (ACS800-07, ACS800 md)		I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	
<b>Nestejäähdytteinen:</b>																							
Puhallimet		I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	
Jäähdytysinhibiittorin lisäys		I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	P	I	
Lämmönvaihdin		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Jäähdytysvesipumppu		I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	
Jäähdytysvesipumpun putkiliitokset		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
<b>Ikäntyminen</b>																							
DC-välipiirin elektrolyyttikondensaattori										R									R				
Muistin backup-pariston vaihtaminen APBU-xx -yksikköön		I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	I	I	R	I	I	I	
<b>Liitokset ja ympäristöolosuhteet</b>																							
AINT-kortit ja nauhakaapelit										R									R				
Liitosten kireys							I						I						I				
Muuttajamoduulin pikaliitin (ACS800-x7/ ja ACS800 md)				I			I			I			I			I			I			I	
Oven ilmansuodatin (IP20 ... 42)		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Oven ilmansuodatin (IP54 tai korkeampi)		R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	
Kontaktoreiden kunto				I			I			I			I			I			I			I	
Valokaapeli (liitokset)				I			I			I			I			I			I			I	
Pöly, korroosio ja lämpötila		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Syöttöjännitteen laatu		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
<b>Kehitystyö</b>																							
Muutosilmoitukset (Change notes)		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
<b>Mittaukset</b>																							
Perusmittaukset		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	
<b>Varaosat</b>																							
Varaosat		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
DC-piirin kondensaattoreiden elvytys		P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	

Missä:

R = Osan vaihto

I = Tarkastus (Ennakkohuolto, vaihto/korjaus tarpeen mukaan)

P = Kenttähuolto toimenpide (Käyttöönotto, testaus, mittaus jne.)

## 12 MUUNTAJAN KUNNOSSAPITO

### 12.1 Muuntajan kunnossapito

Kittilän kaivoksessa olevat muuntajat ovat joko kuivamuuntajia tai öljyeriste muuntajia. Kaivoksella on monen erikokoista muuntajaa jokaiseen käyttö tarpeeseen. Kaivos käyttää pääsääntöisesti ABB:n valmistamia muuntajia. Jakelumuuntajien huoltotoimenpiteet ja korjaukset voidaan yleisesti jakaa kahteen osaan, eli käytön aikana tehtäviin ja katkaisun vaativiin toimenpiteisiin. Katkaisun vaativissa toimenpiteissä muuntaja on irrotettava verkosta. Muuntajassa kuitenkin voi tehdä huoltoa myös tietylle osalle, esimerkiksi jännitteensäätimelle. Muuntajille suositellaan tehtävän säännöllisen väliajoin tarkastuksia. (Huurinainen 2006. Hakupäivä 6.3.2013)

Jakelumuuntajille tehdään silmämääräinen tarkastus aina, kun sille tehdään huoltotoimenpide. Tarkastuksessa katsotaan onko ulkoisia puutteita tai vikoja havaittavissa. Seuraavat asiat kuuluvat tarkastukseen:

- muuntajan puhtaus ja mahdolliset kolhut
- öljyn määrä
- suurjännite ja pienjännite-puolen läpivientieristimien ja liittimien kunto
- läpivientieristimien tiivisteiden kunto
- muuntajan kannen tiivisteiden kunto
- mahdolliset vuotokohdat
- lisävarusteet (kuivaussuolan vaihto tarvittaessa)
- muut mahdolliset silmin havaittavat seikat.

(Holappa 2011. hakupäivä 6.3.2013)

Muuntajille suoritetaan pienempiä ohjeellisia huoltoja muuntaja tyypistä ja paikasta riippuen yleisesti, joko viiden tai kymmenen vuoden välein. Kaikki huollot riippuvat kuitenkin muuntajan ympäristö olosuhteista, käyttöpaikasta ja kriittisyydestä. Joissakin olosuhteissa huollot pitää tehdä vuosittain, tai jopa puolen vuoden välein. (Holappa 2011. hakupäivä 6.3.2013)

Ilman suurempia ongelmia muuntajille tehdään niiden eliniän aikana yksi suurempi perushuolto. Perushuollon ajankohtaa ei voi tarkkaan sanoa, mutta yleensä se ajoitetaan puoleen väliin arvioidusta eliniästä eli muuntajaan tehdään huolto noin 25 vuoden iässä. Perushuollon ajankohtaa ei voi kuitenkaan tarkkaan sanoa, sillä siihen vaikuttavat esimerkiksi seuraavat asiat:

- muuntajan kosteus
- ympäristön lämpötila ja muuntajan lämpötila yleisesti
- ilmanlaatu
- yliaallot ja kuormitus.

Eniten vaikuttaa kuitenkin se miten muuntaja kuormitetaan. Kuormitus voi vaikuttaa erityisen paljon muuntajan elinkaareen. (Holappa 2011. hakupäivä 6.3.2013)

## 12.2 Kuivamuuntaja

Kuivamuuntajan puhdistuksessa on erittäin tärkeää muistaa, että ei käytä paineilmaa sillä se saattaa puhaltaa roskat ja pölyt käämiin, kuluttaa ja vahingoittaa käämin eristystä. Koska kuivamuuntajat sijaitsevat monissa erilaisissa ympäristö- ja käyttöolosuhteissa, olisi tärkeää tiedustaa minkälaisia huoltoja ympäristö aiheuttaa kuivamuuntajille.

Kuivamuuntajat ovat erittäin helppo pitää kunnossa, sillä ne ovat melkein huoltovapaita. Kuivamuuntajien tärkeimpiä huoltotoimenpiteitä ovat puhdistus ja käämien kiristäminen jota suositellaan tehtävän ajoittain.

## 12.3 Öljyeristeinen muuntaja

Öljyeristeisissä muuntajissa on kunnossapitoa hieman enemmän kuin kuivamuuntajissa. Määräaikaishuolto olisi hyvä tehdä ainakin kaksi kertaa vuodessa Kittilän kaivoksella. Myös tarkastus kannattaisi tehdä vähintään kaksi kertaa vuodessa. Huoltotoimenpiteiden välissä. Tarkastukset kannattaisi ajoittaa kesä- ja talviaikaan sillä silloin vuodenajan vaikutukset näkyvät muuntamotilaan ja kuormitukseen. Öljyn tarkistus ja vaihto ovat tärkeät tämän mallisissa muuntajissa. (Holappa 2011. hakupäivä 6.3.2013)

Seuraavat tarkastukset tehdään huollon aikana:

- muuntajan öljymäärät ja mahdolliset vuodot
- eristimen kunto, mahdolliset vauriot ja puhdistustarve
- ilmakehän kunto
- kaapelipäätteet, erottimet, alajännitekiskosto
- muuntajahuoneen ovet ja lukot
- suojapuomit ja varoituskilvet
- muuntajahuoneen kunto ja siisteys
- jäähdytyspuhaltimet, tuuletusaukot
- muuntajan alajännitteen arvo.

Lisäksi mahdollisia tarkastus kohteita ovat myös seuraavat:

- väliottokytkimen ohjain
- öljyn lämpötilasuojan asettelu
- öljyn pinnankorkeuden ylä- ja alarajat
- kaasureleen hälytys ja laukaisu
- säiliön maalaus
- suojamaadoitus
- jakelumuuntajan öljyn läpilyöntilujuus
- sähkölaitteiden puhdistus.

(Holappa 2011. hakupäivä 6.3.2013)

## 13 KESKUKSET

Sähkökeskusten kunnossapitoon kuuluu paljon erilaisia asioita, jotka pitävät olla kunnossa turvallisen ja häiriöttömän käytön takaamiseksi. Keskukset ovat sähkönjakelun ja sähkötoimitusvarmuuden liittyen erittäin tärkeässä roolissa. Keskuksen mahdollinen vikaantuminen tai sen yksittäisen lähdön vikaantuminen näkyy yleensä saman tien tuotannossa tai prosessissa. Se johtuu siitä, kun keskusten lähdöt syöttävät alakeskuksia ja myös mahdollisia muita laitteita. Keskukset ovat kuitenkin aika toimintavarmoja.

Keskuksien sijainnin valitseminen on erittäin tärkeä. Sillä keskukset täytyy suojata mekaaniselta vahingoittumiselta ja suoja-alueesta riippuen myös vedeltä, liialta ja pölyltä. Keskuksiin tulevien kaapeleiden suojauksen ja kiinnityksien tulisi olla riittävän hyvä. Keskuksien läheisyydessä ei saa olla esteitä, sillä käyttötoimenpiteet pitää pystyä tekemään turvallisesti.

Keskuksien jäähdytys on erittäin tärkeää kunnossapidon kannalta. Keskuksia ei saa missään tapauksessa peittää tai jättää tilaan jossa ilmankierto ei ole riittävä. Tiloihin missä keskukset sijaitsevat, pitää olla jatkuva ilmastointi, jäähdytys ja ilmankierto. Sulakkeen palaessa on tärkeää, että läheisyydessä on varasulakkeet ja jännitteenkoetin.

Keskukset täytyy sisältä pitää siisteinä, eikä esimerkiksi jättää roikkumaan tarpeettomia johtoja keskuksen sisäpuolelle tai muutakaan roinaa. Sillä se lisää paloriskiä huomattavasti. Kunnossapito tarkastuksen yhteydessä pitää katsoa onko jännitteisten osien suojana toimiva ylivirtasuojain ja käsiteltävien kojeiden yhteydessä eriste- tai metallilevyt ehjiä ja jännitteiset osat eivät ole kosketeltavissa. Lämpökuvaukset keskuksiin olisi hyvä tehdä vuosittain tai kaksikin kertaa vuodessa joihinkin keskuksiin.

Keskuksen jännitteettömäksi tekevä pääkytkin pitää tarkistaa myös säännöllisen väliajoin. Sulakkeet ja kojeistot täytyy merkitä riittävillä tunnuksilla, jotta voi tunnistaa suojalaitteiden ja kytkimien toiminta alue. Keskuksien tärkein huolto ja kunnossapito kohde on pääkatkaisija. Se on myös eniten huoltoa tarvitseva koje keskuksissa. Suurin hyöty saadaan pitämällä pääkatkaisija kunnossa ennako huollolla. Pääkatkaisijan kautta kulkee koko keskuksen ja mahdollisesti myös alakeskusten ja prosessikeskusten virta. Huolto toimenpiteen aiheuttaa keskuksissa aina liiallinen lämpeneminen. Tällöin välitön huolto kyseiselle keskukselle on tarpeellinen. (Turvatekniikan keskus (Tukes),

Kittilän kaivoksella keskukset ovat pääsääntöisesti prosessikeskuksia. Prosessikeskuk-  
sen huolto ja kunnossapito on pääsääntöisesti samanlainen kuin muillakin keskuksilla.  
Keskuksien tiloissa ja yhteydessä on myös muita laitteita. Erittäin tärkeä keskuksien  
tiloissa toimiva laite voi olla taajuusmuuttaja. Tilat pitävät olla puhtaita ja ilmassa le-  
viävät pöly aineet ja hiukkaset pyritään vähentämään laittamalla hieman ylipainetta ti-  
loihin. Keskuksiin tehtävät yleisimmät kunnossapidot ovat seuraavat:

- kiskojen liitoksien tarkistus lämpökameralla kuvaten
- liitoksien kiristysten tarkistus momenttiavaimella
- katkaisijan suojauksien koetus
- valokaarivartijan koetus
- keskuksen ovien mekanismin tarkistus ja puhdistus pölystä
- pääkatkaisijan huolto
  - koskettimien tarkistus, puhdistus ja tarvittaessa vaihto
  - sammutuskammioiden tarkistus ja puhdistus
  - katkaisijan toimintaan vaikuttavien osien tarkistus, puhdistus ja voitelu
  - katkaisijan sisäisten suojareleiden tarkistus ja testaus
  - liitosten tarkistus ja tarvittaessa kiristys
  - säätö arvojen tarkistus
  - laitteen toimintakoe
  - päävirtapiirien koskettimien ylimenovastusten mittaus
  - lopuksi laaditaan raportti tehdyistä toimenpiteistä.

(Saarenpää 2006. hakupäivä 4.3.2013)



## 14 MUUT SÄHKÖLAITTEET JA JÄRJESTELMÄT

### 14.1 Turvakytkimet ja kompensointi

Turvakytkin on sähköinen kytkin, jota käytetään teollisuudessa ja koneiden turvajärjestelyissä. Turvakytkimen tarkoitus on estää koneiden tahattoman käynnistymisen tekeillä koko laite jännitteettömäksi huolto töiden ajaksi. Turvakytkintä pitää säännöllisesti tarkistaa ja se pitää olla myös vikaturvallinen ja tarkastuslaitoksen hyväksyntä ja lupa.

Turvakytkimissä on mahdollisuus laittaa riippulukko paikoilleen, jonka avulla kytkintä ei voida laittaa päälle jos lukko roikkuu vielä kytkimessä. Lukko annetaan olla paikoillaan huollon ajan, jotta tahattomilta ja vahinko käynnistämisiltä vältytään. Koe käynnistykksiä tehdään säännöllisin väliajoin ja aina huollon yhteydessä testataan toimivuus. Turvakytkimen ollessa suljettuna kannattaa tarkistaa myös muiden laitteiden kunto. Turvakytkimien kanssa kannattaa olla erittäin tarkka ja tarkistaa, että muut laitteet eivät aiheuta vaaratilanteita. Piirikaavioissa, sähkökaavioissa ja positiomerkinnoissä turvakytkimestä käytetään tunnusta QS.

Kunnossapito on lähinnä pelkkää tarkastamista ja testauksia laitteen toimivuudelle. Muita suuria tarkastuksia ei tarvitse turvakytkimille tehdä. Kuvassa 12 näkyy miten turvakytkin voidaan lukita.



Kuva 12. Kuvassa tämä on 0 asentoon lukittu turvakytkin. ( Agnico Eagle 2010)

## 14.2 Loistehon kompensointilaitteet

Loistehon kompensoinnissa on erittäin tärkeää huomioida kondensaattoreiden soveltuvuus syöttävään sähköverkkoon jännitteen, taajuuden, tehokertoimen osalta. Kuitenkin kaikessa pitää ottaa myös huomioon sähköverkon lisääntyneet harmoniset yliaallot kompensointia suunniteltaessa. (Sähkön ammattilainen. Hakupäivä 7.4.2013)

Kittilän kaivoksella on käytössä loistehon kompensointilaitteistoja. Tämä sen takia koska osa sähköverkon kytketyistä laitteista tarvitsee sekä pätötehoa että loistehoa toimiakseen. Suuret teollisuuslaitokset voivat, joko ostaa sähkölaitokseltaan loistehoa tai tuottaa sitä itse loistehon kompensointilaitteella.

Loistehon kompensoinnissa on valittavissa kaksi erilaista tekniikkaa. Kondensaattorijärjestelmän voi tehdä kahdella tavalla. Ensimmäinen tapa on kiinteät kondensaattorit tai –paketit ja toinen on automaattiset kompensointiparistot. Näiden järjestelmien ero on siinä, että automaattisessa mallissa kondensaattoripariston säädin ottaa huomioon kuorman tuottaman loistehon. (Sähkön ammattilainen. Hakupäivä 7.4.2013)

### 14.2.1 Kompensointilaitteiden kunnossapito

Kompensointilaitteiden kaapeliliitokset tarkistetaan ja jos on tarvetta, niin myös kiristetään. Kompensointilaitteiden kondensaattoriparistot ja eristeet puhdistetaan ja samalla katsotaan onko niissä mahdollisesti vuotoja. Kompensointilaitteille asetetaan usein asetelu arvoja joita pitää kunnossapidon aikana tarkistaa. Tarkistettavia kohteita ovat kontaktorit, säätäjät ja kondensaattorien kapasitanssiarvo joka tarkistetaan mittaamalla yksikönvirta ja vertaamalla mitattua arvoa nimellisarvoon. Sulakkeet tarkistetaan ja koetetaan hälytysten perillemeno samalla. (Korhonen 2011. hakupäivä 7.3.2013))

Kompensointikondensaattorin kunto saadaan tarkistettua mittaamalla jokaisen kondensaattorin virrat sekä päälle kytkettynä että ilman. Samalla saadaan testattua myös kontaktorien kunto ja, että niiden päät eivät ole hitsautuneet kiinni. Vaiheiden välissä mitatut virran arvot pitävät olla jokaisella vaiheella tasaiset. Virtapoikkeamat todistavat vikaantuneesta kondensaattorista. (Korhonen 2011. hakupäivä 7.3.2013)

### 14.3 Katkaisijamallit

Katkaisijoita on monia erilaisia ja jokaisella on hiukan erilainen kunnossapito. Tässä käsitellään yleisesti katkaisijoiden kunnossapito ja hieman toimintaa. Ne luokitellaan sen perusteella mitä väliainetta katkaisija käyttää. Sammutusväliaineen perusteella jaettavat katkaisijat ovat seuraavat:

- ilmakatkaisijat
- öljykatkaisijat
- vähäöljykatkaisijat
- paineilmakatkaisijat
- SF<sub>6</sub>-katkaisijat
- tyhjökatkaisijat.

#### 14.3.1 Katkaisijan toiminta

Katkaisijan tehtävä on kyettävä vaaraa aiheuttamatta katkaisemaan tai sulkemaan virtapiirin suurin mahdollinen virta. Katkaisijan täytyy pystyä katkaisemaan virtapiirissä tapahtuva suurin oikosulkuvirta ja kytkemään nimellisjännitteinen virtapiiri oikosulkuun. Suurilla jännitteillä käytetään usein SF<sub>6</sub>-katkaisijoita. Kuitenkin tärkein ominaisuus on mahdollisuus sulkea ja avata vaurioitumatta oikosulkuvirtapiiri. Katkaisun pitäisi tapahtua niin, että muille laitteille ja syöttöverkolle ei aiheudu häiriötä tai katkaisu aiheuttaa mahdollisimman vähän vauriota. Myöskään itse katkaisija ei saisi vioittua katkaisusta. (Korhonen 2011. hakupäivä 7.3.2013)

Kun katkaisija katkaisee virtapiirin, niin virta ei katkea välittömästi avautuessa vaan pysyy suljettuna valokaaren avulla. Valokaaren sammuttaminen tapahtuu sammutusväliainetta käyttäen.

Katkaisijoille tehdään seuraavat huollot ja tarkastukset kunnossapidon aikana:

- tarkista laitteiden kunto säännöllisesti
  - runko
  - sammutuskammio

- pääkoskettimet
  - katkaisijamekanismi
  - apulaitteet (ohjausapulaitteet, moottoriohjaimet, apukoskettimet ja liittimet)
  - elektroninen suoja-arele
  - väyläliitäntä ja lisävarusteet.
- tarkista mahdolliset pinttymiset ja jäljet, korroosiosta tai sähkönpurkausilmiöstä
  - käyttö olosuhteet vaikuttavat tarkastuksien tiheyteen
  - 20kV katkaisijat koestetaan viiden vuoden välein
  - pääkeskusten katkaisijat koestetaan 1-2 vuoden välein
  - normaalisti katkaisutilanteita tulee vähän, joten testaukset ovat tärkeitä.

#### 14.4 Erotin yleisesti

Erottimien yleinen tehtävä on erottaa verkon jännitteiset osat jännitteettömistä kunnossapidon, huollon tai rakennustöiden ajaksi. Turvallisuuden takia erottimien on muodostettava avausväli jännitteettömän ja käytössä olevan virtapiirin välille. Avausväli voi olla joko näkyvä tai luotettavasti todennettava. Hyvin usein erottimia käytetään myös ohituskytkentöihin. Sen avulla syötetään jatkuva sähkö, jonkin laitteen keskeytyksen aikanakin. Yleensä erottimilta ei vaadita virran katkaisukykyä, eikä sulkemiskykyä, mutta niiden avulla voisi erottaa pieniä kuormia. (Kuosa 2007. hakupäivä 7.3.2013)

Erottimen eristysmateriaaleja on käytössä useita eri, mutta yleisimmät ovat posliini ja synteettiset polymeerit. Erottimen ohjaimen tehtävä on tuottaa liike-energia voimansiirrolle ja siitä siirtää se kosketinvarsille. Erottimen ohjainkotelon sisältämiä osia ovat sähkömoottori, pyörästö, riviliittimet, apukoskettimet, kuivausvastus ja lukitusmekanismi. Näitä osia voidaan huollossa tarkistaa.

Lisäksi kunnossapito mielessä pienempivirtaiset erottimien koskettimien rasvaus on hyvä uusien parin vuoden välein. Rasvan malli yleisesti Retinax A. Suurivirtaisten erottimien koskettimien rasvaus ei ole kuin kerta luontaista uutena. Yleensä voitelu aineena

on käytetty erikoisparafiinia. Suurivirtaisten erottimien voitelu on sallittu vain OJDZ 60 mallisella voitelu aineella. (Kuosa 2007. hakupäivä 7.3.2013)

#### 14.4.1 Erottimien huolto ja kunnossapito

Erottimien huoltoon vaikuttavat monet asiat. Huollot voidaan tehdä säännöllisin väliajoin valmistajan ohjeiden mukaan tai omien kokemusten pohjalta. Huoltoväliin vaikuttaa erotin malli, ikä, ympäristö, käyttötarkoitus ja kriittisyys huoltamiseen. Nykyisillä uusilla erottimilla huoltoväli on kahdeksan vuotta, mutta vanhemmilla malleilla kuusi tai neljä vuotta. Erittäin vaikeissa olosuhteissa olevat erottimet voidaan huoltaa vielä tätäkin tiheämpään esimerkiksi kahden vuoden välein.

Erottimien huollossa katsotaan tarkemmin seuraavat asiat virtatiet, voimansiirto ja ohjain. Kaikki huolletaan ja testataan toimivuutta. Erottimen liikkuvat pienet osat puhdistetaan, tarkastetaan ja rasvataan mahdollisesti uudelleen sekä säädetään jälleen kohdalleen. Mikäli erottimessa on kuluneita osia, ne vaihdetaan uusiin huollon aikana. Huolto työntekijän on tärkeä tietää, että kuuluu ylimenovastus mitata sekä ennen huoltoa, että huollon jälkeen. Ohjaimen apukoskettimet ja lukitukset tarkistetaan ja mahdollisesti säädetään. Voitelu ja rasvaus aineet ovat jokaiselle erotin mallille melkein erit. Erottimissa ei saa käyttää muita kuin ohjeessa sanottua rasvaus ainetta. (Hannula 2011. hakupäivä 7.3.2013)

Sisällä oleviin erottimille tehdään yleensä vuoden välein lämpökuvaukset, joista selviää liittimien ja kosketinvarsien kunto. Lämpökuvaukset ovat helpottaneet kojeistojen kunnossapitoa. Lämpökuvasta yleensä näkyy jos on tarvetta tehdä kohteeseen ennakkohuolto. (Hannula 2011. hakupäivä 7.3.2013)

## 15 KAIVOKSELLA KÄYTÖSSÄ OLEVAT KOJEISTOT

### 15.1 Siemensin erotinkojeisto 8DJ20

Kittilän kaivoksella yleisin erotinkojeisto on Siemensin 8DJ20 ja kyseinen malli on SF<sub>6</sub>-kaasulla toimiva. SF<sub>6</sub> kaasun erotinkojeistossa valokaari katkaistaan kaasulla. Suurimmat edut muihin katkaisuperiaatteisiin on suuri valokaaren jäähdytyskyky, palamattomuus, jännitekestoisuus, kaasun kemiallinen pysyvyys ja kaasun myrkyttömyys. Näiden etujen lisäksi tämän tyyppisiä katkaisijoita ei tarvitse huoltaa yhtä useasti kuin muita. Kaivoksella käytetään myös muita malleja. SF<sub>6</sub> suurimpana ongelmana pidetään kuitenkin sitä, että valokaari voi aiheuttaa myrkyllisiä ja kosteuden kanssa korroosiota aiheuttavia yhdisteitä. ( Agnico-Eagle. Erotinkojeiston 8DJ20 käyttöohje )

### 15.2 Kojisto ABB Safeplus

ABB:n safeplus kojeisto toimii myös SF<sub>6</sub> kaasulla. Kaasun paine on tärkeä tarkistaa tietyn ajanjakson välillä. Sen johdosta kaikki komponentit kojeistossa ovat huoltovapaita ilmoitetun elinikään asti. ABB:n kojeistot ovat valmistettu ruostumattomasta teräksestä ja jos kojeistoon tulee naarmuja, vaurioita tai kolhuja tulee ne korjata maalilla korroosion estämiseksi. Kojiston mekaaniset osat ovat sijoitettu säiliön ulkopuolelle ja paneelin taakse. Se mahdollistaa helpon korjauksen ja osan vaihdon tarvittaessa. Mekaaniset osat ovat voideltu tehtaalla ennen käyttöönottoa. Äärimmäisissä olosuhteissa kojeiston tarkastus ja huolto on välttämätön ja tehdään tietyn ohjeistuksen mukaisesti. Huolto töiden aikana on tarkistettava, että voiteluaineet ei pestä tai pyyhitä pois kojeiston mekaanisilta liikkuvilta osilta. (ABB Safeplus. Manuaali. Hakupäivä 27.3.2013)

### 15.3 Kojisto Siemens 8DJH

Kojeisto on huoltovapaa suurimmilta osilta. Kytkinlaitteen- painejärjestelmä ja huoltovapaus ja suljetut kaapeli pistokkeet takaavat sen, että kojeisto on erittäin toimintavarma ja turvallinen. Järjestelmässä on myös suljettu paine järjestelmä joka on erittäin hyvä. Kojiston asennus-, käyttö-, laajennus- ja vaihto onnistuu ilman SF<sub>6</sub> työtä. Lisäksi tämän mallisessa kojeistossa on pienemmät käyttökustannukset eikä ole määritelty huoltoaikavälejä. ( Agnico-Eagle Kovalevyt. hakupäivä 27.3.2013 )

## 16. VARAVOIMAGENERAATTORI

### 16.1 Varavoimageneraattori

Kaivoksella käytetään varavoimaa varmistaakseen sellaiset kuormat, joissa voi esiintyä sekuntien sähkökatkos. Kaivoksella on käytössä automaattisesti käynnistyvä varavoimajärjestelmä. Varavoimajärjestelmää ei ole tarvinnut käyttää kaivoksella useasti.

### 16.2 Varavoimageneraattorin koekäyttö

Varavoiman koekäyttö suoritetaan käyttövarmuusvaatimuksesta riippuen kaivoksen määrittämällä väliajoin. Tämä tehdään siitä johtuen, että käyttövarmuus laitteelle saadaan pidettyä korkealla tasolla. Yleensä ohjeistuksessa sanotaan, että varavoimageneraattorin koekäyttö olisi hyvä tehdä 1 - 4 viikon välein asetetun käyttövaatimuksen mukaan. Koekäytön on kestävä vähintään 30 - 45 minuuttia, jotta laitteisto ehtii lämmetä käyttölämpötilaan. Lisäksi varavoimalaitteistolle tulee tehdä syötönvaihtoautomaatiikan toimintakoe 12 kuukauden välein. Dieselmootoreille, jotka ovat käytössä myös kaivoksella, niin ei ole hyvä tehdä koekäyttö tyhjäkäynnillä joten kuormitus tulisi olla vähintään neljäsosa nimelliskuormasta. (Sandback 2000. Hakupäivä 7.4.2013)

### 16.3 Määräaikaaiset tarkistukset ja huolto

Määräaikaistarkistukset olisi varavoimageneraattorille hyvä pitää kolmen vuoden välein. Siihen sisältyy teknistä tarkastusta ja dokumenttien tarkastelua. Huolto laitteille tehdään käyttötuntien mukaan. Tyypillisesti huoltoväli määritellään käyttötuntien mukaan, joka voi olla esimerkiksi 300 tuntia jolloin maahantuoja, huoltoliike tai yritys itse suorittaa huollon. Tähän on kuitenkin myös kalenteriaika jolloin huolto kuuluu laitteelle tehdä. Suunniteltu huoltoväli tehdään ajan suhteen, jos käyttötunnit eivät täyty.

Käyttö- ja huolto-ohjekansio on toimitettava varavoimajärjestelmän mukana tarkastukseen ja huoltoon. Kansiossa tulee olla jokaisen varaosan kohdalla valmistajan tai maahantuojaan nimi sekä muista erottuva laitekohtainen tunnus. Lisäksi kansiota tulee löytyä seuraavat dokumentit:

kaikki laitteiston yleiset tekniset tiedot

- yleinen sekä yksityiskohtainen käyttö ohje ja toimintaselostus

- huolto-ohje ja huoltotaulukko
- turvaohjeet
- sähköpiirustukset
- muut mahdolliset piirustukset, esimerkiksi logiikkakaaviot tai apujärjestelmien kaaviot
- laitekohtaiset ohjeet
- asiapaperit kuten, tehdaskoekäyttöpöytäkirja ja takuutodistukset.

(Sandback 2000. Hakupäivä 7.4.2013)



## 17 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

### 17.1 Työn aloitussuunnitelma

Kittilän kultakaivoksella oli aiemminkin käytössä kunnossapitosuunnitelma. Kaivos yritys kuitenkin oli katsonut, että uusi kattavampi kunnossapitosuunnitelma olisi hyödyllinen. Yrityksellä oli selvä käsitys mitä uusi suunnitelma pitäisi sisältää. Tärkeimpänä olikin se, että kunnossapitosuunnitelma tulisi olla käytännössä toimiva ja helppo luokkuinen.

Työn alussa määriteltiin, että työhön sisällytetään yrityksen haluamat kohteet. Yritys halusikin, että kunnossapitosuunnitelma alkaisi kantaverkosta ja sieltä mentäisi alemmas yrityksen laitteisiin. Tähän kuitenkin huomioitiin se, että kantaverkko ja kaksi 25 MVA:n muuntajaa on Rovakairan omistuksessa ja se vastaa niiden kunnossapidosta. Lisäksi kaivoksen kaksi öljyeristeistä muuntajaa ovat myös muun yrityksen kunnossapito piirissä. Tässä insinööriyössä ei suunnitella koko kaivoksen kunnossapitoa, sillä muuten siitä olisi tullut liian laaja.

### 17.2 Työn kohteiden määrittely



Työ aloitettiin tekemällä teoria osuutta raporttiin. Se saatua melkein valmiiksi, siirryttiin keräämään tietoa kohteista jotka tulisi suunnitelmaan. Alkutiedot kohteista ja kunnossapidolliset tiedot kerättiin dokumentoitavaksi raporttiin. Laitteistojen kunnossapidolliset tiedot merkittiin raporttiin, jotta varsinaisen suunnitelman tehtäessä olisi helpompaa katsoa raportista suoraan laitteiston kunnossapito.

Työn edetessä huomattiin yrityksen työntekijöiden kanssa, että ei olisi järkevää koota yksityiskohtaista kunnossapitosuunnitelmaa jokaiselle kohteelle erikseen, vaan tehtiin yleiset suunnitelmat kohteille. Esimerkiksi kaivoksella on käytössä erilaisia moottoreita paljon, joten järkevintä oli tehdä yksi yleinen kattava kunnossapitosuunnitelma moottoreista. Jos jokaiselle hieman poikkeavalle laitteelle olisi alettu tekemään omaa suunnitelmaa, se olisi vienyt aikaa ja työmäärä olisi ollut kohtuuton toteutettavaksi kyseiseen insinööri työhön.

## 17.3 Kunnossapitotaulukon teko

Viimeisenä työvaiheena itse työssä alkoi varsinaisesti itse kunnossapitosuunnitelman taulukoiden tekeminen. Aluksi keräsin huoltomanuaalien, omien muistiinpanojen ja muiden vastaavien kunnossapitosuunnitelmien töistä erilliseen omaan Excel-tilaan taulukon huolettavat kohteet laitteistosta. Excel-tilasta ilmenivät kohteen tiedot, huollon tekijä, huoltotoimenpiteet ja huoltoväli.

Yhteinen kunnossapitosuunnitelma oli hyvä laatia aluksi Excel-tilaan. Excel-tilassa on helppo muokata ja päivittää tarpeelliset asiat, joten se katsottiin olevan helppo ensimmäinen paikka mihin tehtiin kunnossapitosuunnitelmat. Tarkemmat selitykset miten huolto taulukko on tehty, jätän pois koska se selviää seuraavasta kuvasta, jossa on esimerkki erotinkojeiston huolto taulukosta. Liite tiedostoina loput sähkökunnossapitosuunnitelmat.

														
Kunnossapito tarkastus erotinkojeistoille		LAITE #: Erotinkojeisto										# WO: Kittilä_		
												Päivämäärä: 27.3.2013		
Selvennykset työhön														
<b>TURVALLISUUS:</b> Henkilökohtainen suojavarustus Työt jännitteettömiä Valaistuksen tarkistus Paloturvallisuus Tilan valaistuksen tarkistus Ulko oven lukko järjestelmän tarkistaminen		<b>Kojeisto</b>  Huom: Tarvittaessa										<b>TARVITTAVAT TYÖKALUT</b> - 1 tarkastaja ja tarvittaessa 2 - Työkalut huolto töitä varten - Lämpökamera kiinnityksen kuvaamiseen - Tarkastus pöytäkirja - Jännitteen koetin tai yleismittari		
Kuvaus suoritettavasta ennakkohuollosta		Tarkasta	Testaa	Säädä	Mittaa	Voitte	Rasvaa	Vaihdeta osat	Kiristä	Puhdista	Merkitse kun työ tehty ja työhön kulunut aika	Kommentit: Tehdyt toimenpiteet	Huoltoväli	# Työtilaus numero jos tarpeellinen
<b>Yhteinen erotinkojeisto huoltosuunnitelma</b>														
Silmämääräinen tarkistus	X												3 KK	
Tarkista laitteiden kunto säännöllisesti	X												3 V	
o Runko	X									X			3 V	
o Katkaisijamekanismi	X	X											3 V	
o Apulaitteet (ohjausapulaitteet, moottorihajaimet, apukoskettimet ja liit	X	X											3 V	
o 20kV katkaisijan elektroninen suojausalueen testaus	X	X										Laaditaan erillinen pöytäkirja	3 V	
Tarkista mahdolliset pinttyymiset ja jäljet, korroosiosta tai sähköpurkaus	X												3 V	
Pääkeskusten katkaisijat koostetaan pois		X											3 V	
Normaalisti katkaisutilanteita tulee vähän, joten testaukset ovat tärkeitä	X	X											3 V	
Tarkistetaan kaasun paine	X												3 V	
Katkaisijakojeistoissa ohjauspiirien riviliitinten tarkastus ja kiristys	X								X				3 V	
Kaapelipäätteiden ja läpivientien tarkistus	X	X											3 V	
Tukieristimet	X	X											3 V	
Virta mittaus			X	X									3 V	
Jännitteen mittaus			X	X									3 V	
Akkujen tarkistus/vahto	X						X		X				3 V	
Puhdistus	X								X				3 V	
Tarkastaja:														
Työnjohtaja:														
Päiväys:														

Kuva 13. Malli erotinkojeiston huoltotaulukosta

#### 17.4 Pohdinta

Opinnäytetyö eteni suunnitelmien mukaan., Teoria osuuden kirjoittamisen ja materiaalin etsimisen aloitin jo helmikuun ensimmäisinä päivinä. Kaivokselle tulin 25. helmikuuta, jossa olen siitä lähtien tehnyt opinnäytetyötä. Tähän työhön on kulunut aikaa noin 400 tuntia. Aikataulu on ollut erittäin hyvä koko opinnäytetyön ajan.

Työ onnistui mielestäni hyvin ja kehityin tässä itsenäiseen työhön ja tutustuin sähkökunnossapitoon. Monen päätöksen jälkeen päätettiin, että työn laajuus tulee olemaan sellainen niinkö aikataulu ja kaivos haluavat. Tein seitsemän yleistä kunnossapitosuunnitelmaa, jotka kaivos katsoi tärkeimmiksi.

Työhön käytetty aika jakautui suunnilleen niin, että puolet käytin raportin kirjoittamiseen ja puolet kunnossapitosuunnitelman tekemiseen. Opinnäytetyöhön tulevat kunnossapitosuunnitelmat tullaan siirtämään kaivoksen kunnossapito-ohjelmistoon, mutta se ei kuulu enää opinnäytteeseen. Lisäksi jatkossa jos tämä malli katsotaan hyödylliseksi, niin tehdään muistakin laitteista samankaltaiset suunnitelmat.

## LÄHTEET

- Aalto, Heikki. 1994. Kunnossapitotekniikan perusteet. Rajamäki. Kustannus OY. Luettu 10.4.2013.
- ABB 2012. Euroopan suurin kultakaivos lämpenee hukkaenergialla. Hakupäivä 1.3.2013  
<<http://www.abb.fi/cawp/seitp202/52438351f48d4b2ac1257afc003ba090.aspx>>
- ABB 2013. Pienjännite moottorin käyttöohje. Hakupäivä 5.3.2013  
<[http://www05.abb.com/global/scot/scot259.nsf/veritydisplay/742083e5ed30ca63c12579ed003dbeed/\\$file/Standard\\_Manual\\_Low\\_Voltage\\_FI\\_revE%20lores.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot259.nsf/veritydisplay/742083e5ed30ca63c12579ed003dbeed/$file/Standard_Manual_Low_Voltage_FI_revE%20lores.pdf)>
- ABB 2012. Sähkömoottorin kunnonvalvonta. Hakupäivä 5.3.2013  
<[http://www05.abb.com/global/scot/scot234.nsf/veritydisplay/f140172b2242c9edc1257a6e002c7f14/\\$file/Moottorien%20ja%20generaattorien%20kunnonvalvonta%20FI%20low%20res.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot234.nsf/veritydisplay/f140172b2242c9edc1257a6e002c7f14/$file/Moottorien%20ja%20generaattorien%20kunnonvalvonta%20FI%20low%20res.pdf)>
- ABB Safeplus. Manuaali. Hakupäivä 27.3.2013  
<[http://www05.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/fd69e6dde094584fc12575da00464b22/\\$file/Installation%20and%20operating%20instructions1VDD005976%20GB\\_10.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot235.nsf/veritydisplay/fd69e6dde094584fc12575da00464b22/$file/Installation%20and%20operating%20instructions1VDD005976%20GB_10.pdf)>
- Agnico-Eagle Finland. Kovalevyt ja kaivoksen omat paperit. Luettu 27.3.2013
- Agnico-Eagle mining www-sivut 2012. Hakupäivä 8.2.2013  
<<http://www.agnico-eagle.com/English/Our-Business/Operating-Mines/Kittila/Mining-and-Processing/default.aspx>>
- Etto, Jaakko 2003. Prosessisähköistyksen kunnossapito osa 1. Hakupäivä 27.2.2013  
<[http://www.promaint.net/alltypes.asp?d\\_type=1&menu\\_id=711&#2726](http://www.promaint.net/alltypes.asp?d_type=1&menu_id=711&#2726)>
- Etto, Jaakko 2003. Prosessisähköistyksen kunnossapito osa 2. Hakupäivä 27.2.2013  
<[http://www.promaint.net/alltypes.asp?d\\_type=1&menu\\_id=711&#2726](http://www.promaint.net/alltypes.asp?d_type=1&menu_id=711&#2726)>
- Hannula, Toni 2011. Paperitehtaan ennakkohuolto-ohje. Opinnäytetyö. Mikkelin Ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 7.3.2013  
<[http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31250/Hannula\\_Toni.pdf?sequence=1](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/31250/Hannula_Toni.pdf?sequence=1)>
- Holappa, Tommi 2011. Terässulaton sähkönjakelu ja kunnossapito. Opinnäytetyö. Kemi-Tornion Ammattikorkeakoulu Hakupäivä 6.3.2013  
<[http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29843/Holappa\\_Tommi.pdf?sequence=1](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/29843/Holappa_Tommi.pdf?sequence=1)>
- Huurinainen, Ville 2006. Jakelumuuntajan. Tutkintotyö. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 6.3.2013  
<<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9883/TMP.objres.853.pdf?sequence=2>>
- Hypen, Kaija 2010. Kunnossapitosuunnitelma. Opinnäytetyö. Kajaanin Ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 27.2.2013  
<[http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/16655/Hypen\\_Kaija.pdf?sequence=1](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/16655/Hypen_Kaija.pdf?sequence=1)>
- Johdanto kunnonvalvontaan. Hakupäivä 28.2.2013  
<[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka\\_k1\\_johdanto\\_kunnonvalvontaan.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_k1_johdanto_kunnonvalvontaan.html)>
- Järviö, Jorma & Lehtiö, Taina 2012. Kunnossapito. Helsinki KP-Media Oy. Luettu 10.2.2013
- Haga, Ingmar 2011. Kittilän kaivoksen tilannekatsaus. Hakupäivä 8.2.2013  
<[http://www.arcticbusinessforum.com/files/2011/Ingmar\\_Haga.pdf](http://www.arcticbusinessforum.com/files/2011/Ingmar_Haga.pdf)>
- Korhonen, Joel 2011. Sähkölaitteiston hoito ja kunnossapito. Opinnäytetyö. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu. Hakupäivä 7.3.2013



**LIITTEET**

Liite 1	Kuivamuuntajan kunnossapitosuunnitelma
Liite 2	Öljyeristeisen muuntajan kunnossapitosuunnitelma
Liite 3	Muuntajan keskuksen/Keskuksen Kunnossapitosuunnitelma
Liite 4	Moottorin kunnossapitosuunnitelma
Liite 5	Erotinkojeiston kunnossapitosuunnitelma
Liite 6	Taajuusmuuttajan kunnossapitosuunnitelma
Liite 7	Liukurengasmoottorin kunnossapitosuunnitelma





Liite 2

Kunnossapito tarkastus öljyeristeinen muuntajalle		LAITE #: Muuntaja										# WO: _Kittilä_		
												Päivämäärä: _22_/_3_/_2013_		
Selvennykset työhön														
<b>TURVALLISUUS:</b> Henkilökohtainen suojavarustus Paloturvallisuus Öljy suojaus vuodolta Sähköturvallisuus Työt jännitteettömänä Aidan lukko ja yleinen aidan kunnontarkistus		<b>MCC: Muuntaja</b>  Huom : Tarvittaessa										<b>TARVITTAVAT TYÖKALUT</b> - 2 Tarkistajaa/asentajaa - Työkalu pakki muuntajan kunnossapiton - Tarkastus pöytäkirja - Puhdistus aineet ja pyyhkeet		
<b>Kuvaus suoritettavasta ennakkohuollosta</b>		Tarkasta	Tutustaa	Säätää	Mittaa	Värittelee	Rakentaa	Välillä osat	Käsittelee	Puhdistaa	Merkittävään työhön tehty ja kalutut aineet	Kommentit: Tehdyt toimenpiteet	Huolto väh.	# Työtilaus numero jos tarpeellinen
<b>Öljyeristeinen muuntaja</b>														
Muuntajan silmämääräinen tarkistus	X												3 KK	
Muuntajan öljymäärät ja mahdolliset vuodot	X			X			X		X				3 V	
Eristimen kunto, mahdolliset vauriot ja puhdistustarve	X	X							X	X			3 V	
Ilmakuivaimen kunto	X	X											3 V	
Kaapelipäätteet, erottimet, alajännitekiskosto	X	X											3 V	
Muuntajahuoneen ovet ja lukot		X				X							3 V	
Suojapuomit ja varoituskilvet	X	X											3 V	
Muuntajahuoneen kunto ja siisteys	X								X				3 V	
Jäähdytyspuhaltimet, tuuletusaukot		X		X					X				3 V	
Muuntajan alajännitteen arvo			X	X									3 V	
Väliottokytkimen ohjain		X	X										3 V	
Öljyn lämpötilasuojan asettelu			X	X									3 V	
Öljyn pinnankorkeuden ylä- ja alarajat	X		X	X									3 V	
Kaasureleen hälytys ja laukaisu		X											3 V	
Säiliön maalaus jos huomaa muuntajassa olevan lähtenyt maalia	X												3 V	
Suojamaadoitus	X	X		X									3 V	
Jakelumuuntajan öljyn läpilyöntilujuus	X		X	X									3 V	
Sähkölaitteiden puhdistus									X				3 V	
Tarkastaja:														
Työnjohtaja:														
Päiväys:														





Liite 3

Kunnossapito tarkastus keskukselle

LAITE #: Keskus

# WO: \_Kittilä\_

Päivämäärä: \_14\_/\_3\_/\_2013\_

## Selvennykset työhön

## TURVALLISUUS:

Henkilökohtainen suojavarustus

Paloturvallisuus

Jännitetyönä varovaisuus, mutta suositellaan jännitteettömänä

Tarkista samalla valaistus tilassa

Ulko oven lukko mekanismin tarkistaminen

MCC: Muuntajan Keskus

Huom : Tarvittaessa

## TARVITTAVAT TYÖKALUT

- Tarkistaja/asentaja

- Työkalu pakki

- Lämpökamera

- Tarkastus pöytäkirja

- Jännitteen koetin/Mittarit

-

-

Kuvaus suoritettavasta ennakko-  
huollosta

Tarkasta

Testaa

Säädä

Mittaa

Voitele

Rasvaa

Vaihda osat

Käsitä

Puhdista

Merkitse kun työ tehty ja  
työhön kulunut aika

Kommentit: Tehdyt toimenpiteet

Huolto väli

# Työtilaus numero jos  
tarpeellinen

## Muuntajan Keskus

Silmämääräinen tarkistus

X

Kiskojen liitoksien tarkistus lämpökameralla kuvaten

X

Tarkistetaan tilan jäähdytys, ilmastointi ja ilmankierto

X

Liitoksien kiristysten tarkistus momenttiavaimella

X

Katkaisijan suojauksien koestus

X

X

Katkaisijan toimintakoe

X

X

Katkaisijan viritysmoottorin koestus

X

Valokaarivartijan koestus

X

X

Kaapecti päätet ja läpiviennit

X

Keskusten kennojen puhdistus pölystä ja liasta

X

X

Keskusten ovien mekanismin tarkistus ja puhdistus

X

X

X

X

Keskusten kannessa olevien kytkinten käyttölaitteiden tarkastus

X

X

Apujännitteiden tarkastus ja mittaus

X

X

3 KK

Tehdään etukäteen kuormitus tilassa

3 V

3 V

3 V

3 V

3 V

3 V

3 V

3 V

3 V

3 V

3 V

3 V

3 V

3 V

Tarkastaja:

Työnjohtaja:

Päiväys:



Liite 4

Kunnossapito tarkastus sähkömoottorille

LAITE #: Moottori

# WO: \_Kittilä\_

Päivämäärä: \_19\_/\_3\_/\_2013\_

## Selvennykset työhön

## TURVALLISUUS:

Henkilökohtainen suojavarustus  
 Paloturvallisuus  
 Sähköturvallisuus  
 Työt jännitteettöminä

## MCC: Sähkömoottori

Huom : Tarvittaessa

## TARVITTAVAT TYÖKALUT

- Tarkistaja/asentaja
- Työkalu pakki
- Tarkastus pöytäkirja
- Jännitteen koetin
- Yleisittari

## Kuvaus suoritettavasta ennakkohuollosta

Kommentit: Tehdyt toimenpiteet

Huolto  
väli# Työtilaus numero jos  
tarpeellinen

## Sähkömoottorin huolto

Lämpökuvaukset	X	X							X				3 V	
Tarkista moottori säännöllisin välein.	X												3 V	
Moottorin puhdistus	X									X			3 V	
Huolehdyttävä jäähdytysilman vapaasta kierrosta	X									X			3 V	
Pölyisissä paikoissa moottorin tuuletusjärjestelmää on tarkistettava ja puhdistettava riittävän usein	X							X		X			3 V	
Moottorien akselitiivisteiden kuntoa on seurattava säännöllisesti ja tarvittaessa ne pitää vaihtaa uuteen	X							X					3 V	
Moottorin kytkentöjen kuntoa ja kiinnitysruuvin kuntoa pitää tarkkailla säännöllisesti	X								X				3 V	
Laakerit, tarkkaile kuuntelemalla, laakeriääntä, tärinää, mittaamalla lämpötilaa, tarkkailemalla poistuvaa voiteluainetta tai SPM-	X	X		X	X								3 V	
Moottorin akselia pitää pyörittää käynnistämällä järjestelmä jos moottori ei ole käytössä		X											3 V	
Moottori ei ole käytössä eikä sitä voi käynnistää jostakin syystä, silloin akselia tulee kääntää käsin	X		X										3 V	
Moottorin laakerien rasvaaminen akselin pyörittämisen yhteydessä	X					X				X			3 V	
Väriä tarkistettava moottorin laakerien viouutumisen estämiseksi	X												3 V	

Tarkastaja:

Työnjohtaja:

Päiväys:



Liite 5

Kunnossapito tarkastus erotinkojeistoille		LAITE #: Erotinkojeisto										# WO: _Kittilä_		
												Päivämäärä: _27_   _3_   2013_		
Selvennykset työhön														
<b>TURVALLISUUS:</b> Henkilökohtainen suojavarustus Työt jännitteettömänä Valaistuksen tarkistus Paloturvallisuus Tilan valaistuksen tarkistus Ulko oven lukko järjestelmän tarkistaminen		<b>Kojeisto</b>  Huom: Tarvittaessa										<b>TARVITTAVAT TYÖKALUT</b> - 1 tarkastaja ja tarvittaessa 2 - Työkalut huolto töitä varten - Lämpökamera kiinnityksien kuvaamiseen - Tarkastus pöytäkirja - Jännitteen koetin tai yleismittari		
<b>Kuvaus suoritettavasta ennakkohuollosta</b>		Tarkasta	Testaa	Suikaa	Mittaa	Voittele	Resvaa	Vaihdosot	Kiristää	Puhdistaa	Märkise kun työ tehty ja työhön kuluut aika	Kommentit: Tehdyt toimenpiteet	Huolto väli	# Työtilaus numero jos tarpeellinen
<b>Yleinen erotinkojeisto huoltosuunnitelma</b>														
Silmämääräinen tarkistus	X												3 KK	
Tarkista laitteiden kunto säännöllisesti	X												3 V	
o Runko	X								X				3 V	
o Katkaisijamekanismi	X	X											3 V	
o Apulaitteet (ohjausapulaitteet, moottoriohjaimet, apukoskettimet ja liit	X	X											3 V	
o 20kV katkaisijan elektroninen suojausalueen testaus	X	X										Laaditaan erillinen pöytäkirja	3 V	
Tarkista mahdolliset pinttymiset ja jäljet, korroosiosta tai sähkönpurkaus	X												3 V	
Pääkeskusten katkaisijat koestetaan pois		X											3 V	
Normaalisti katkaisutilanteita tulee vähän, joten testaukset ovat tärkeit	X	X											3 V	
Tarkistetaan kaasun paine	X												3 V	
Katkaisijakojeistossa ohjauspiirien riviliitinten tarkastus ja kiristys	X								X				3 V	
Kaapelipääteiden ja läpivientien tarkistus	X	X											3 V	
Tukieristimet	X	X											3 V	
Virta mittaus			X	X									3 V	
Jännitteen mittaus			X	X									3 V	
Akkujen tarkistus/vaihto	X						X		X				3 V	
Puhdistus	X								X				3 V	
Tarkastaja:														
Työnjohtaja:														
Päiväys:														



Liite 6

Kunnossapito tarkastus taajuusmuuttajalle ACS 800

LAITE #: ACS 800

# WO: \_Kittilä\_

Päivämäärä: \_18\_ | \_3\_ | 2013\_

## Selvennykset työhön

TURVALLISUUS: Suojavarustus Palo tarvikkeet Sähköturvallisuus Työt jännitteettömänä	MCC: Keskuksen taajuusmuuttaja										TARVITTAVAT TYÖKALUT		
	Huom : Tarvittaessa										- Tarkistaja/asentaja - Työkalu pakki - Tarkastus pöytäkirja - Jännitteen koetin - Yleisittari -		
Kuvaus suoritettavasta ennakkohuollosta	Tarkista	Testaa	Suorita	Mittaa	Voitele	Rasvaa	Vaihda osat	Kiristä	Puhdista	Merkäse laun työ tehty ja työhön kuluut aika	Kommentit: Tehdyt toimenpiteet	Radio väli	# Työtilaus numero jos tarpeellinen
<b>MMC / Keskuksen taajuusmuuttaja</b>													
Visuaalinen tarkistus	X											3 KK	
Puhaltimien vaihto							X					6 V	
Ohjauspaneelin vaihto							X					6 V	
Puhdistaminen pölyistä ja muista lika aineista	X								X			3 V	
Jäähdytyksen huolto	X	X	X						X			3 V	
Jäähdytyslementti puhdistaminen pölyistä	X								X			3 V	
Kosketussuojaus	X	X										3 V	
Vikaindikoinnit	X	X										3 V	
Merkinnät	X											3 V	
Kasettilähdöt												3 V	
o Liittimien toiminnallinen tarkastus ja voitelu	X	X			X				X				
o johdinliitoksien kiristys	X							X					
o Profibus väylän liitokset, merkinnät, suojausasetuksien tarkastus	X	X						X					
Kiinteät lähdöt												3 V	
o Katkaisijan toiminnallinen koestus auki/kiinni		X											
o Johdinliitokset, sulakekoot, merkinnät ja tarkistus	X							X					

Tarkastaja:

Työnjohtaja:

Päiväys:





Kunnossapito tarkastus liukurengasmootorille	LAITE #: liukurengasmoottori										# WO: _Kittilä_
											Päivämäärä: _24_   _4_   2013_

## Selvennykset työhön

TURVALLISUUS: Henkilökohtainen suojavarustus Paloturvallisuus Sähköturvallisuus Työt jännitteettömänä Tilan jäähdytyslaitteiden vaihto 2 kertaa vuodessa Liukurengasmoottorin tilojen ulko-ovien lukot	MCC: Liukurengasmoottori 4.4MW, 1000rpm								TARVITTAVAT TYÖKALUT  - Tarkistaja/asentaja - Työkalu pakki - Tarkastus pöytäkirja - Jämnitteen koetin - Yleisittari					
Kuvaus suoritettavasta ennakkohuollosta	Tarkasta	Testaa	Säädä/Valvotaan	Mittaa	Voitele	Korjaus	Vaihda osat	Kirstä	Puhdista	Merkitse kun työ tehty ja kulunut aika	Kommentit: Tehdyt toimenpiteet		Huolto väli	# Työtilaus numero jos tarpeellinen

## Liukurengasmoottorin huolto

<b>Moottorin huoltokohteet</b>													
Lämpökuvaukset liioksille	X	X						X				1 V	
Silmämääräinen tarkistus moottorille (Öljy vuodot ym.)	X											1 KK	
Hiilet ja jouset tarkistettava ja vaihdettava tarvittaessa	X						X					1 KK	
Laakereiden värinän mittaaminen ja kuunteleminen	X			X							SKF Seuraa (Jatkuva seuranta)		
Liukupinnat tarkistetaan ja tarvittaessa kunnostetaan	X					X						1 KK	
Kuormapään maadoitushielet tarkastetaan	X						X					1 KK	
Hiilet, liukupinnat ja kotelo puhdistetaan	X								X			1 KK	
Laakerin voitelua valvotaan automaatiojärjestelmällä	X		X		X						Jatkuva seuranta		
Moottorin puhdistus	X								X			1 KK	
Moottorin tuuletusjärjestelmän tarkistus	X											1 KK	
Moottorien akselitiivisteiden kunnon seuranta ja tarvittaessa vaihto	X						X					1 KK	
Moottorin kytkentöjen kunnon ja kiinnitysuuvien kunnon tarkkailu	X							X				1 KK	
Moottorin lämpötilaa valvotaan automaatiojärjestelmällä	X		X								Jatkuva seuranta		
Jäähdytyskennon tarkistus (Tarvittaessa puhdistus)	X								X			1 KK	
Jäähdytyspuhaltimien huolto	X	X				X					Tarvittaessa vaihdetaan puhaltimet	1 V	
Ilmanottoaukkojen suodattimien puhdistus kuukausittain ja tarvittaessa vaihto	X								X			1 KK	
Huoneen lämpötilan seuranta ylittäessä 35 celsius astetta	X										Jatkuva seuranta (Automaatiojärjestelmällä)		
Nopeusanturien kytkimien vaihto 2 kertaa vuodessa	X						X					6 KK	
<b>Käytön huoltokohteet</b>													
Tuulettimet ja suodattimet	X	X				X			X		Tarvittaessa seuraavat toimenpiteet	1 KK	
Vikaindukoinnit ja korjaukset niille tarvittaessa	X					X					Jatkuva seuranta		
<b>20 kV kojeiston huoltokohteet</b>													
Vaunun huollot	X	X						X	X			5 V	
Relekoestus	X	X		X								5 V	
<b>3 Vuoden huolto moottorin valmistajalla tai muualla</b>													
Koneen Purku ja alkumittaukset ennen huoltoa													
Ilma - Ilma jäähdyttimien pesu													
Puhdistus (Jäähdytyspuhaltimet, laakerointi osat)													
Vesipesu (Staattorin, moottorin ja muider osien pesu)													
Liukurenkaan kunnon tarkistus, liukurenkasiton ja takometrin jatkoakselin keskeisyyden tarkistus													
Silmämääräiset tarkistukset (St käämitykset, tuennan, kiilauksen, rungön ja roottorin)													
Hiilipaineen tarkistus ja hiilien vaihto tarvittaessa													
D -pään maadoitushieharjan vaihto													
Tiivisrenkaiden ja laakereiden vaihto													
Pestyjen osien uunikuivaus													
Mitataan moottorin arvot ja loppukoestus (Esim eristysvastus, vaihevastus, eristyskoe, jne)													
Roottorin dynaaminen tasapainotus (Pöytäkirja)													
Paikkamaalaus													
Kokoaminen													

Tarkastaja:

Työnjohtaja:

Päiväys: